

MARLON RODRIGO BRUNETTA

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA TÉCNICA E DE PRODUTIVIDADE USANDO
ANÁLISE POR ENVOLTÓRIA DE DADOS: UM ESTUDO DE CASO APLICADO A
PRODUTORES DE LEITE**

**CURITIBA
2004**

MARLON RODRIGO BRUNETTA

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA TÉCNICA E DE PRODUTIVIDADE USANDO
ANÁLISE POR ENVOLTÓRIA DE DADOS: UM ESTUDO DE CASO APLICADO A
PRODUTORES DE LEITE**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ciências, Programa de Pós-Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia, Setor de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Volmir Eugênio Wilhelm, Dr. Eng.

**CURITIBA
2004**

TERMO DE APROVAÇÃO

MARLON RODRIGO BRUNETTA

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA TÉCNICA E DE PRODUTIVIDADE USANDO
ANÁLISE POR ENVOLTÓRIA DE DADOS: UM ESTUDO DE CASO APLICADO A
PRODUTORES DE LEITE

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências, no curso de Pós-Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia – Programação Matemática da Universidade Federal do Paraná, pela banca examinadora formada pelos professores:

Orientador:

Prof. Volmir Eugênio Wilhelm, Dr. Eng.
Departamento de Matemática – UFPR.

Profª Neida Maria Patias Volpi, Dra. Eng.
Departamento de Matemática – UFPR.

Prof. Julio Cesar Damasceno, Dr.
Departamento de Zootecnia – UEM.

Curitiba, 05 de agosto de 2004.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Sirlei e Albino, sem os quais esta realidade não seria possível, e a quem agradeço a educação dada e o amor incondicional.

Às minhas irmãs, Édina e Morgana, pelo apoio, carinho e compreensão recebidos durante os momentos difíceis.

Aos meus familiares, em especial aos meus tios Gersy, Vicente (*in memorian*), Mari e João, presença constante em todos os momentos da minha vida.

Ao professor Volmir, pela suas boas sugestões e críticas durante a realização da dissertação.

Ao corpo docente do mestrado, por suas inestimáveis ajudas.

Aos meus colegas de mestrado pela convivência e amizade durante o período de realização das aulas.

Aos funcionários do CESEC, em especial à Maristela pela atenção, dedicação e apoio em todos os momentos do mestrado.

A todos os meus amigos, em especial ao Ronaldo, os quais sempre me incentivaram e me apoiaram nos momentos difíceis do curso.

A EMATER (Empresa Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural), pelo espaço cedido a esta pesquisa fornecendo os dados necessários para a realização deste trabalho.

À Deus, por ter me acompanhado em mais esse desafio.

Muito Obrigado!

“Que os nossos esforços desafiem as impossibilidades.
Lembraí-vos de que as grandes proezas da história foram conquistadas do
que parecia impossível”

Charles Chaplin

SUMÁRIO

LISTA DE SIGLAS.....	VII
LISTA DE FIGURAS.....	VIII
LISTA DE TABELAS	IX
RESUMO.....	X
ABSTRACT.....	XI
1 INTRODUÇÃO	1
1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA	2
1.3 METODOLOGIA DA PESQUISA	3
1.4 ESTRUTURA DA PESQUISA	4
1.5 LIMITAÇÕES DA PESQUISA	5
1.6 DEFINIÇÕES DE TERMOS	5
2 PRODUÇÃO DE LEITE.....	7
2.1 PRODUÇÃO MUNDIAL	7
2.2 PRODUÇÃO BRASILEIRA.....	12
2.2.1 Cadeia Produtiva	14
2.2.2 Produtividade	17
2.3 PRODUÇÃO PARANAENSE	21
2.3.1 Projeto Vitória.....	25
2.3.2 Outros Projetos de Pecuária de Leite da Emater – Paraná.....	29
2.4 CONSIDERAÇÕES	34
3 DATA ENVELOPMENT ANALYSIS - DEA.....	35
3.1 EFICIÊNCIA E PRODUTIVIDADE	35
3.2 ASPECTOS GERAIS DE DEA	38
3.3 ETAPAS DE APLICAÇÃO DOS MODELOS DEA	41
3.3.1 Seleção das DMUs.....	41
3.3.2 Seleção das Variáveis	42
3.3.3 Identificação e Aplicação dos Modelos	44
3.3.3.1 Orientação dos modelos DEA	44
3.3.3.2 Retorno de escala.....	45
3.3.3.3 Tipo de descarte	47
3.4 MODELOS DEA TRADICIONAIS	48
3.4.1 Modelo CCR Orientação Produção	49
3.4.2 Modelo BCC Orientação Produção.....	53
3.4.3 Exemplo Numérico dos Modelos CCR e BCC	55
3.5 ÍNDICE DE MALMQUIST	57
3.6 CONSIDERAÇÕES	64
4 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA, DESENVOLVIMENTO E	
RESULTADOS DA PESQUISA.....	66
4.1 IDENTIFICAÇÃO DAS DMUs.....	66
4.2 IDENTIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS DO MODELO	67
4.3 IDENTIFICAÇÃO DO MODELO	71
4.4 ANÁLISE DA EFICIÊNCIA TÉCNICA.....	73
4.5 ANÁLISE DO ÍNDICE DE MALMQUIST	82
4.6 CONSIDERAÇÕES	87
5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	88
5.1 CONCLUSÕES FINAIS	88

5.2	RECOMENDAÇÕES	90
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91
	APÊNDICE	95
	APÊNDICE A - TABELAS DE RESULTADOS DO DEA.....	96

LISTA DE SIGLAS

AF	Área Forrageira
AMCESPAR	Projeto de Desenvolvimento Territorial Sustentável da Agricultura Familiar na Cadeia Produtiva do Leite Para a Região Centro-Sul
BCC	Modelo DEA criado por Banker, Charnes e Cooper
CCR	Modelo DEA criado por Charnes Cooper e Rhodes
CRS	<i>Constant Returns to Scale</i>
CT	Custo Total
DEA	<i>Data Envelopment Analysis</i>
DERAL	Departamento de Economia Rural
DMU	<i>Decision Making Units</i>
EMATER	Empresa Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MO	Mão-de-obra
NDRS	<i>Non Decreasing Returns to Scale</i>
NIRS	<i>Non Increasing Returns to Scale</i>
NVL	Número de Vacas em Lactação
PF	Programação Fracionária
PPF	Produtividade Parcial dos Fatores
PPL	Problema de Programação Linear
PPNL	Problema de Programação Não-Linear
PROLEG	Programa de Leite de Guarapuava
PTF	Produtividade Total dos Fatores
UEL	Universidade Estadual de Londrina
UEM	Universidade Estadual de Maringá
SEAB	Secretaria da Agricultura do Estado do Paraná
TAR	Total de Animais do Rebanho
VRS	<i>Variable Returns to Scale</i>

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Produção de leite e rebanho nas regiões do estado do Paraná	24
Figura 2 - Perfil zootécnico do rebanho no estado do Paraná	24
Figura 3 - Mapa do estado do Paraná	27
Figura 4 - Região de abrangência do Projeto Vitória	27
Figura 5 - Orientação dos modelos DEA	45
Figura 6 - Retornos de escala	46
Figura 7 - Tipos de descarte	48
Figura 8 - Exemplo de aplicação do modelo CCR orientação produto	52
Figura 9 - Exemplo de aplicação do modelo BCC orientação produto	54
Figura 10 - Exemplo de aplicação dos modelos CCR e BCC	56
Figura 11 - Índice de Malmquist	63
Figura 12 - Intervalos de eficiências dos produtores	81
Figura 13 - Decomposição do Índice de Malmquist	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Produção mundial de leite de vaca - 1992/2002	8
Tabela 2 - Classificação mundial dos países produtores de leite - 2002	9
Tabela 3 - Produção de Leite, Vacas Ordenhadas e Produtividade em Países Selecionados - 2002	10
Tabela 4 - Produção de Leite, Vacas Ordenhadas e Produtividade Animal no Brasil	18
Tabela 5 - Evolução da Produção de Leite nos Estados – 1991 – 2002	
(ordenada segundo a produção de leite em 2002)	22
Tabela 6 - Insumos e produto do ano de 1999	69
Tabela 7 - Insumos e produto do ano de 2000	70
Tabela 8 - Insumos e produto do ano de 2001	70
Tabela 9 - Insumos e produto do ano de 2002	71
Tabela 10 - Índices de eficiência técnica	75
Tabela 11 - Intervalo de eficiências e os benchmarks em 1999	76
Tabela 12 - Intervalo de eficiências e os benchmarks em 2000	77
Tabela 13 - Intervalo de eficiências e os benchmarks em 2001	77
Tabela 14 - Intervalo de eficiências e os benchmarks em 2002	78
Tabela 15 - Índice de Malmquist	83
Tabela 16 - Variação da eficiência técnica	84
Tabela 17 - Mudança de tecnologia	85

RESUMO

Esta dissertação tem como finalidade principal avaliar a eficiência técnica e a produtividade de um conjunto de 18 produtores de leite que integram o Projeto Vitória desenvolvido pela EMATER - Empresa Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural - no norte e nordeste do estado do Paraná, a qual visa a disseminação de práticas de produção leiteira que levam ao aumento de produtividade. O outro objetivo desta pesquisa é analisar a influência da variação da eficiência técnica e da mudança de tecnologia na produtividade dos produtores através do índice de Malmquist. O método que caracteriza o desenvolvimento da presente pesquisa é DEA – *Data Envelopment Analysis*. DEA é uma abordagem de programação matemática utilizada para calcular índices de eficiência técnica e de produtividade (índice de Malmquist). Os resultados obtidos são condizentes com os objetivos do projeto Vitória, ou seja, DEA detectou aumentos significativos de produtividade para os 18 produtores.

Palavras-chave: DEA, Índice de Malmquist, Eficiência Técnica, Produtores de Leite.

ABSTRACT

This dissertation has as main purpose to evaluate the technical efficiency and the productivity of a set of 18 milk producers, which integrate the Project Victory developed for the EMATER - Company Paranaense de Assistência technical and Agricultural Extension - in the north and northeast of the state of the Paraná and aims at the dissemination of techniques of milk production that lead to the productivity increase. Another objective of this research is to analyze the influence of the variation of the technical efficiency and the change of technology in the productivity of the producers through the index of Malmquist. The method that characterizes the development of the present research is DEA - Data Envelopment Analysis. DEA is an approach of mathematical programming used to calculate productivity and efficiency indices technical (index of Malmquist). The results are in keeping with the objectives of the project Victory, that is, DEA detected significant increases of productivity for the 18 producers.

Keywords: DEA, Index of Malmquist, Technical Efficiency, Milk Producers.

1 INTRODUÇÃO

Desde o início da colonização do País até os dias atuais, o setor pecuário leiteiro sempre teve um papel de destaque na economia brasileira, sendo de fundamental importância para a geração de riquezas, contribuindo para o aumento do bem-estar social.

O leite pode ser considerado um dos primeiros alimentos do homem e um dos mais completos, pois possui elementos essenciais, tais como: micronutrientes, aminoácidos e ácidos graxos, estes em porções maiores que qualquer outro produto isolado. Possui, ainda, proteínas de alta qualidade, elevado percentual de cálcio e outras substâncias bioativas, como enzimas, fatores de crescimento, hormônios e citocinas. Todos esses componentes reforçam a importância do leite como alimento diário fundamental, afirmam Bressan e Martins (2003). Portanto, pode-se concluir que o leite é um produto básico de primeira necessidade para a alimentação da população, dado seu alto valor nutritivo.

Além de sua importância direta nos aspectos de ordem social, não se pode esquecer a expressão econômica da cadeia produtiva do leite. Segundo Salles *et al* (2002), para cada R\$ 1,00 aplicado na produção de leite, são gerados R\$ 5,00 no Produto Interno Bruto do país e, de acordo com estimativa da EMATER Paraná¹, para cada produtor são gerados 34 empregos nesta mesma cadeia produtiva.

Contudo, este setor produtivo apresenta uma forte tendência de concentração de capital, ou seja, produtores com maior poder aquisitivo têm maiores chances de se manter no setor. Para evitar esse processo de exclusão, questões como sustentabilidade, competitividade e qualidade têm sido muito debatidas nos últimos anos. Além desse processo de exclusão, outra meta desses debates é dar oportunidades aos pequenos produtores para atingir seus objetivos econômicos e/ou sociais, devido a competitividade imposta às organizações na era da globalização, e as mudanças tecnológicas que ocorrem rapidamente.

Sustentabilidade e competitividade são conceitos considerados complementares, pois a sustentabilidade refere-se a estratégias de desenvolvimento

¹ Documento institucional da EMATER sobre o Projeto Vitória.

tecnológico que reforçam a capacidade atual e futura de produção, envolvendo a utilização adequada dos recursos naturais e o emprego racional de insumos, máquinas e equipamentos. Por sua vez, competitividade pode ser compreendida como a capacidade de manter, conquistar e ampliar a participação no mercado, de forma sustentável.

Segundo Bressan e Martins (2003), a sustentabilidade, sob a ótica da melhor utilização dos recursos naturais, considerando-se, particularmente, o trinômio solo, água e planta, associada à competitividade, constitui-se em um importante desafio que se coloca para os produtores, pesquisadores e técnicos que atuam no setor.

Visando a promoção do desenvolvimento da pecuária leiteira no Paraná, a partir das observações de questões como sustentabilidade e competitividade, a EMATER vem implantando uma série de projetos, dentre eles, se destacando o Projeto Vitória, o qual está localizado no norte e nordeste do estado e tem como idéia central a construção de um modelo de exploração leiteira sustentável, competitivo e lucrativo para esta região.

Além de promover essas mudanças em busca da melhoria da qualidade, da produtividade e da eficiência, existe, também, a necessidade de se avaliar o desempenho nos processos produtivos para se manter competitivo dentro deste novo contexto social.

Desta necessidade em avaliar o desempenho nos processos produtivos surgem novas preocupações, entre elas, aplicar a metodologia adequada de análise para auxiliar técnicos e produtores nos processos de tomadas de decisão.

Uma metodologia de programação matemática que tem por finalidade medir a eficiência técnica relativa e a produtividade, permitindo classificar as organizações em eficientes e ineficientes com um único indicador de desempenho para cada unidade avaliada, é DEA.

1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Esta pesquisa tem por objetivo geral utilizar *Data Envelopment Analysis* – DEA na avaliação da eficiência técnica de produtores participantes do Projeto

Vitória, bem como avaliar a produtividade através do índice de Malmquist.

A pesquisa em questão tem os seguintes objetivos específicos:

- Identificar as variáveis a serem utilizadas no modelo;
- Identificar o modelo DEA a ser aplicado;
- Aplicar o modelo;
- Identificar os *benchmarks* de um conjunto de produtores de leite e calcular, com um único índice de eficiência técnica, o aumento necessário nos níveis de produção para que os produtores não *benchmarks* sejam eficientes tecnicamente;
- Avaliar a produtividade, em quatro anos consecutivos, de 18 produtores participantes do Projeto Vitória utilizando o índice de Malmquist.

1.3 METODOLOGIA DA PESQUISA

A pesquisa em questão é de natureza aplicada, com abordagem qualitativa, tendo em vista sua eficácia no cálculo da eficiência técnica dos produtores de leite do Projeto Vitória. Do ponto de vista dos procedimentos, a pesquisa foi do tipo bibliográfica.

Os dados utilizados na pesquisa foram obtidos junto à EMATER no Paraná, cujo contato inicial foi feito por meio de uma carta de solicitação.

A pesquisa foi desenvolvida em cinco etapas, cada qual atendendo a um objetivo específico. A primeira etapa da pesquisa teve por objetivo identificar as principais variáveis para efetuar o cálculo da eficiência técnica e a produtividade dos produtores de leite. A segunda etapa da pesquisa identificou o modelo DEA que melhor se adapta à situação e os objetos da pesquisa. Na terceira etapa da pesquisa foi aplicado o modelo DEA. Na quarta etapa identificou-se os produtores de leite *benchmarks* e os índices de eficiência técnica, ou seja, o aumento necessário de produção para que os produtores ineficientes operem eficientemente. Por fim, na quinta etapa avaliou-se as alterações percebidas na produtividade, em quatro anos consecutivos a partir de 1999, dos produtores participantes do Projeto Vitória.

1.4 ESTRUTURA DA PESQUISA

Com o intuito de atingir os objetivos propostos neste estudo, a pesquisa está estruturada em cinco capítulos distribuídos em uma seqüência, a fim de sistematizar seu desenvolvimento, facilitando, assim, sua compreensão pelo leitor.

No capítulo 1 é apresentada uma introdução ao tema pesquisado. Descreveu-se a importância da pecuária leiteira no contexto atual e citou-se uma tendência de concentração de renda neste setor e os fatores investigados quando se busca avaliar a produção do leite. Neste capítulo são apresentados os objetivos da pesquisa, as etapas da metodologia que dão sustentação ao tema pesquisado e a estrutura da dissertação, bem como suas limitações e definições.

Os capítulos 2 e 3 apresentam o referencial teórico, o qual aborda tópicos relevantes relacionados ao tema da pesquisa, ou seja, produção de leite, bem como o embasamento teórico acerca da ferramenta DEA utilizada no estudo para efetuar o cálculo da eficiência técnica e da produtividade através do índice de Malmquist.

No capítulo 2 é feita uma análise da produção atual da pecuária leiteira, iniciando-se com a produção mundial, a brasileira e a paranaense, sendo ainda, descrita a estrutura de acompanhamento desenvolvida pela EMATER - PR com produtores de leite do Projeto Vitória e realizado um levantamento dos outros projetos acompanhados pela EMATER no estado do Paraná.

No capítulo 3, no qual se apresentam as fundamentações teóricas da metodologia DEA, a exposição compreende algumas definições, aspectos gerais, as etapas necessárias para a aplicação, os modelos considerados tradicionais e o Índice de Malmquist.

O capítulo 4 consiste no desenvolvimento pleno da pesquisa, abordando-se as etapas da metodologia e contextualizando-a em suas dimensões. São detalhadas as metodologias utilizadas em cada etapa da pesquisa. Também são apresentados os dados colhidos das pesquisas, as análises realizadas, bem como a apresentação dos resultados.

No capítulo 5 são apresentadas as conclusões sobre o desenvolvimento da pesquisa, destacando-se suas contribuições, seguidas de sugestões e

recomendações para continuidade da mesma e para o desenvolvimento de pesquisas futuras.

1.5 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

A pesquisa em questão apresentou algumas limitações relevantes, dentre elas, o reduzido número de produtores acompanhados durante os quatro anos do Projeto, num total de 18, o que fez com que os fatores de produção utilizados na metodologia ficassem limitados em apenas 6. Tendo em vista que a metodologia aplicada fornece melhores resultados quando o número de produtores a serem avaliados é de, no mínimo, três vezes a soma dos produtos e insumos incluídos na especificação (Nunamaker *apud* ABEL, 2000, p.37), a ampliação do número de produtores avaliados daria a oportunidade de trabalhar com um número maior de fatores de produção, o que poderia trazer maiores benefícios à aplicação da metodologia.

A segunda limitação ocorreu em função da distância geográfica existente entre o pesquisador e os pesquisados, ou seja, os produtores do Projeto Vitória estão localizados no norte e nordeste do estado do Paraná e a pesquisa foi realizada na capital do estado, o que dificultou o conhecimento *in loco* do projeto. Considerando-se que a metodologia teve como produto final a mensuração da eficiência técnica e da produtividade desses produtores, as dúvidas surgidas no confronto de resultados obtidos pela metodologia e pelo programa da EMATER foram todas sanadas por meio de contatos via e-mail ou por telefone.

A terceira limitação imposta à pesquisa foi a dificuldade em relação a bibliografia sobre o assunto.

1.6 DEFINIÇÕES DE TERMOS

- **Benchmarking** é um método que substitui a técnica da "tentativa e erro" pela qual o sujeito do *benchmarking* – seja ele um indivíduo, uma

empresa, uma agência ou uma entidade – procede à identificação do indivíduo que se destaca e ocupa a posição de liderança em determinado setor de atividade, ao estudo de suas ações e práticas. Daí deriva a adoção de facetas de seu *modus operandi* que sejam mais adequados à melhoria do desempenho do próprio sujeito no referido setor de atividade.

- **DMU (*Decision Making Units*)** é uma entidade responsável pela conversão de insumos em produtos e cujas performances são avaliadas.
- **Eficiência técnica** é obtida por meio de uma comparação entre os níveis de insumos e produtos observados com os níveis de insumos e produtos ótimos, ou seja, a razão entre a produção observada e o potencial máximo atingível para um dado consumo; ou a razão entre a quantidade de insumos observados e o potencial mínimo exigido para produzir uma quantidade fixa de produtos.
- **Eficiência alocativa** indica se o produtor emprega os insumos a luz dos preços numa proporção ótima que minimiza os custos de produção.
- **Eficiência Pareto-Koopmans:** uma organização é completamente eficiente se, e somente se, não for possível aumentar nenhum insumo ou produto sem diminuir algum outro insumo ou produto.
- **Fronteira de produção ou isoquanta** é a curva que representa a quantidade de insumos necessários para produzir um nível fixo de produtos.
- **Função de produção** é a relação que indica quanto se pode obter de um ou mais produtos a partir de uma dada quantidade de fatores.
- **Organizações homogêneas** são organizações que devem realizar as mesmas tarefas e procurar atingir os mesmos objetivos, diferenciando apenas em relação à intensidade ou magnitude.
- **Tecnologia** é a maneira como uma empresa transforma os recursos utilizados em produtos.
- **Tecnologia de produção** é o conjunto de todos os pontos (planos) viáveis de produção de uma organização.

2 PRODUÇÃO DE LEITE

Neste capítulo é apresentada a situação atual da produção leiteira mundial, iniciando-se com uma breve retrospectiva acerca da produção nos países que se destacam nesta atividade, seja pela quantidade de leite produzido, pela produtividade ou pelo número de vacas ordenhadas. Outro aspecto ainda considerado são as particularidades das políticas públicas mundiais que incidem e regulam este setor da economia.

Posteriormente, descreve-se a situação atual da produção leiteira nacional, destacando-se sua importância dentro da economia, sua diversidade, devido à dimensão territorial, e dados estatísticos que demonstram o crescimento da produção nos últimos anos. Foi realizado ainda um levantamento da cadeia produtiva, identificando-se uma tendência da concentração de capital e as transformações que vêm ocorrendo neste setor. Enfoca-se, também, a melhoria da produtividade nacional ao longo dos últimos anos.

Finalizando este capítulo, buscou-se analisar os aspectos gerais da produção leiteira no Paraná e, em particular, na região do norte e nordeste do estado, especificamente os municípios que participam do Projeto Vitória, foco principal de estudo nesta pesquisa. Por fim, é realizado, também, um levantamento dos outros projetos acompanhados pela EMATER, no estado, e seus respectivos objetivos.

2.1 PRODUÇÃO MUNDIAL

A produção de leite de vaca vem crescendo nos principais continentes, atingindo, no ano de 2002, uma produção anual de 499.142 milhões de toneladas, o que representa um aumento de 6,3% em apenas uma década (1992 – 2002), sendo a Oceania e a Ásia os continentes que mais contribuíram para a elevação desse índice. A Oceania apresentou uma variação de 34,2% na produção de leite nos anos de 1996 a 2002, enquanto a Ásia ampliou sua produção em 18,3% neste mesmo

período. A exceção é percebida no continente europeu, onde os índices de produtividade vêm diminuindo a cada amostra coletada, apresentando uma redução de 2,8% no período de 1996 a 2002. Mesmo assim, mantém-se como o maior continente produtor, com 210.802 milhões de toneladas, o que representa um total de 42,2% da produção mundial, conforme dados observados na tabela 1.

Tabela 1 - Produção mundial de leite de vaca - 1992/2002

Continente	Produção de Leite (mil t)			Variação (%) 1996/02	% total 2002
	1992	1996	2002		
Europa	235.711	216.800	210.802	-2,8	42,2
América	120.999	130.831	142.808	9,2	28,6
Ásia	73.878	85.600	101.239	18,3	20,3
Oceania	15.064	19.067	25.591	34,2	5,1
África	15.278	17.237	18.701	8,5	3,7
T O T A L	460.931	469.536	499.142	6,3	100,0

Fonte: FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations).

Dados disponíveis através da página www.cnpqi.embrapa.br.

Elaboração: R.ZOCAL - Embrapa Gado de Leite.

O continente americano, em 2002, ocupou o segundo lugar na produção mundial, com 142.808 milhões de toneladas, o que perfaz do total produzido 28,6% e reflete um aumento de 18% no período de 1992 a 2002. Os países com maior produção, no continente americano, são os Estados Unidos e o Brasil, com uma produção de 75.025 milhões de toneladas e 23.260 milhões de toneladas, respectivamente, dados que podem ser observados na tabela 2, a seguir:

Tabela 2 - Classificação mundial dos países produtores de leite - 2002²

	Países	Produção de Leite (mil t) 2002	Percentual do	
			Total	Acumulado
1º	Estados Unidos	75.025	15,1	15,1
2º	Índia ⁽¹⁾	35.000	7,0	22,1
3º	Rússia	31.980	6,4	28,5
4º	Alemanha	28.100	5,6	34,1
5º	França	25.100	5,0	39,1
6º	Brasil	23.260	4,7	43,8
7º	Reino Unido	14.980	3,0	46,8
8º	Ucrânia	13.959	2,8	49,5
9º	Nova Zelândia	13.908	2,8	52,3
10º	Polônia	12.000	2,4	54,7
11º	Itália	11.848	2,4	57,1
12º	Austrália	11.620	2,3	59,4
13º	Holanda	10.450	2,1	61,5
14º	México	9.560	1,9	63,4
15º	Argentina	8.200	1,6	65,0
	Outros Países	174.152	35,0	100,0
	T O T A L	499.142	100,0	

⁽¹⁾A Índia produziu também, 48.000 mil toneladas de leite de Búfala.

Fonte: FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations).

Dados disponíveis através da página www.cnpqg.embrapa.br.

Elaboração: R. ZOCCAL - Embrapa Gado de Leite.

Relativamente ao ano de 2002, o maior produtor de leite de vaca foi os Estados Unidos da América, com uma produção estimada em 75.025 milhões de toneladas, o que representou 15,1% da produção mundial; o segundo lugar no *ranking* dos maiores produtores foi ocupado pela Índia, com 35 milhões de toneladas, atingindo um percentual de 7%. O Brasil ocupava a sexta posição, com uma produção de cerca de 23 milhões de toneladas, ou 4,7% da produção mundial. Estes números representam uma produção 67,2% maior que a da Nova Zelândia e quase o triplo da produção da Argentina, dois produtores considerados como

² As tabelas 2, 3 e 4 apresentam diferenças nos dados devido ao fato das fontes não serem as mesmas.

referências na produção mundial, dados observados da tabela 2.

Ainda no mesmo ano, o Brasil ficou em segundo lugar em número de vacas ordenhadas, com um total de 20.580 milhões, ficando somente atrás da Índia, que apresentou um total de 94.100 milhões de animais onde, porém, por questões religiosas, o animal é considerado sagrado. Para fins comerciais o rebanho brasileiro é o maior do mundo, uma vez que o rebanho da Índia não possui finalidade econômica, e sua produção de leite serve basicamente para o auto consumo, dados observados da tabela 3.

Em contrapartida, ao considerar-se a produtividade medida em litros/vaca/ano, o Brasil ocupou o décimo quinto lugar, com uma média de 1.137. Esta é considerada uma das médias mundiais mais baixas, ficando praticamente empatado com o Chile, que apresentou uma média de 1.134, e na frente da Índia, com média de 917 litros/vaca/ano. No quesito produtividade, os Estados Unidos se destacam por apresentar a melhor média mundial, com 8.226 litros/vaca/ano, seguido pelo Canadá, com média de 7.472, e em terceiro lugar a Holanda, com média de 6.786. Estes dados podem ser visualizados na tabela 3, a seguir.

Tabela 3 – Produção de Leite, Vacas Ordenhadas e Produtividade em Países Selecionados - 2002

(1)	País	Produção de Leite (mil ton.)	Vacas Ordenhadas (mil cabeças)	Produtividade (litros/vaca/ano)
1º	Estados Unidos	75.025	9.120	8.226
2º	Canadá	8.100	1.084	7.472
3º	Holanda	10.450	1.540	6.786
4º	Reino Unido	14.980	2.228	6.724
5º	Alemanha	28.122	4.545	6.187
6º	Austrália	11.620	2.206	5.267
7º	Polônia	12.001	2.769	4.334
8º	França	25.871	6.705	3.858
9º	Nova Zelândia	13.908	3.756	3.703
10º	Argentina	8.200	2.300	3.565

(continuação Tabela 3)

(1)	País	Produção de Leite (mil ton.)	Vacas Ordenhadas (mil cabeças)	Produtividade (litros/vaca/ano)
11º	Ucrânia	14.249	5.550	2.567
12º	Federação Russa	33.029	13.300	2.483
13º	México	9.700	7.600	1.276
14º	Itália	11.848	10.058	1.178
15º	Brasil	23.398	20.580	1.137
16º	Chile	2.211	1950	1.134
17º	Índia	86.320	94.100	917

(1) Ordenação dos países pela produtividade.

Fonte: USDA (United States Department of Agriculture) – Anualpec (Anuário da Pecuária Brasileira) 2002.Dados disponíveis através da página www.cnpqgl.embrapa.br.

Elaboração: R. ZOCCAL – Embrapa Gado de Leite.

Para Martins³ *et al* (2001, p.19) a produção e comercialização de leite e derivados se caracterizam, em todas as nações do mundo, pela existência de políticas públicas específicas que interferem nos preços praticados no mercado interno e, em alguns casos, até mesmo no mercado internacional. Estas políticas públicas visam garantir que cuidados higiênicos sejam adotados na produção, industrialização e comercialização, já que o leite pode se caracterizar como importante vetor de doenças ao homem. O objetivo primordial dessas ações é, portanto, a preservação da saúde do consumidor.

Ainda segundo os mesmos autores (*op cit*), essas políticas públicas visam também a preservação dos interesses do consumidor, do produtor ou de algum agente específico da cadeia produtiva, controlando direta ou indiretamente os preços dos insumos e dos produtos lácteos praticados no mercado. Além disso, envolvem também o estímulo à produção, visando gerar excedentes exportáveis ou por meio de mecanismos impeditivos à importação e assim priorizando ganhos ou perdas de produtores ou de consumidores nacionais.

Os EUA, o Canadá, o Japão e os países europeus desenvolveram políticas públicas que permitem importações, mas controladas, não interferindo na renda dos

³ Os autores do livro são: Carlos Eugênio Martins, Doutor em Agronomia; Carlos Augusto Brasileiro de Alencar, Mestre em Engenharia Agrícola; e Matheus Bressan, Mestre em Sociologia com graduação em Agronomia.

produtores. Todavia, esse não é o caso dos países pertencentes ao Mercosul – entre eles, o Brasil, onde os preços praticados são próximos àqueles encontrados no comércio internacional. Considerando-se que o produto exportado é subsidiado, os produtores latino-americanos são levados a competir com esses preços artificiais, afirmam Martins *et al* (2001, p.27).

2.2 PRODUÇÃO BRASILEIRA

“Produzimos o leite mais barato do mundo (0,10 de dólar por litro), temos o segundo maior rebanho leiteiro mundial (20 milhões de vacas ordenhadas), somos os maiores empregadores do país (5 milhões de postos de trabalho), o sexto maior produtor do planeta (21 bilhões de litros)”, afirma Jorge Rubez (2003). Estas afirmações mostram que a atividade leiteira tem grande importância econômica e social na geração de empregos e na oferta de um alimento essencial a algumas faixas da população brasileira.

Considerando-se a agropecuária brasileira como um todo, o leite está entre os cinco produtos mais importantes, seja pelo seu elevado valor de produção, estimado em 6,6 bilhões no ano de 2000, por seu papel relevante no suprimento de alimentos ou na geração de emprego e renda para a população. Estima-se que cerca de 18 bilhões são gerados pelos diferentes segmentos que compõe esta cadeia agroindustrial no Brasil (Martins *et al*, 2001, p.7).

Segundo Vilela⁴ *et al* (2001), uma característica marcante na produção leiteira no Brasil é a grande diversidade existente, associada a fatores regionais devido à grande dimensão territorial. Outra característica é a distribuição assimétrica dos produtores na cadeia produtiva, onde um número elevado de pequenos produtores têm baixa participação na produção total nacional e alguns poucos grandes produtores participam em grande escala dessa produção, com a tendência dessa situação se agravar ainda mais. Esta situação é confirmada por Martins *et al* (2001, p.14), ao assinalar que 80% dos produtores são responsáveis por somente 20% da produção nacional, enquanto que 20% dos maiores produtores respondem

⁴ Os autores do livro são: Duarte Vilela, Doutor em Zootecnia; Matheus Bressan, Mestre em Sociologia com graduação em Agronomia; e Aécio Santos da Cunha da Universidade de Brasília.

por 80% da produção nacional. O que se percebe é a tendência do setor em aumentar a escala, melhorar a produtividade e a qualidade do produto.

Segundo Jorge Rubez (2003), a pecuária leiteira do Brasil enfrentou grandes adversidades até chegar ao nível em que se encontra atualmente, ou seja, não figura ainda entre os países de maior produtividade, porém, já realizou grandes avanços.

O leite é o produto mais subsidiado no mundo. De cada 1 dólar que o produtor estrangeiro recebe, US\$ 0,40 são de subsídios. Isso significa que US\$ 40 bilhões são literalmente “doados” pelos países industrializados aos produtores. Se não fossem essas barreiras, certamente o leite figuraria numa posição de destaque na pauta das maiores exportações brasileiras. A produção de leite é subsidiada em vários países do mundo, sendo a Austrália, a Nova Zelândia e o Brasil as únicas exceções.

De acordo com Santos *et al* (2002, p.3), o crescimento da produção de leite no Brasil tem sido significativo nos últimos vinte e sete anos, com uma média de 3,62% de crescimento anual. São percentuais superiores ao crescimento populacional que, além do mais, apresentou renda (medida pelo salário mínimo) decrescente durante este período. Estas evidências indicam que a produção de leite no Brasil cresceu acima da demanda (medido pelo crescimento populacional e pelo nível de renda).

Estes dados são reforçados por Martins *et al* (2001, p.9), quando afirmam que após o Plano Real, com uma maior estabilidade da economia, a produção de leite atingiu um recorde de crescimento no ano de 1996, atingindo um índice de 12% naquele ano. Já o consumo aparente (produção mais importações) cresceu em torno de 4,3% ao ano, e a demanda por produtos lácteos obteve um crescimento de 2,7% ao ano para a década de 90.

No Brasil, segundo Vilela *et al* (2001, p.29), existem dois tipos distintos de mercado de lácteos, conhecidos como formal e informal. O que os distingue entre si é a obrigatoriedade de inspeção sanitária e higiênica governamental, uma prática comum no mercado formal, o que não ocorre no mercado informal.

A comercialização no mercado formal é realizada por meio de cooperativas ou indústrias particulares que, em geral, são fiscalizadas no que diz respeito ao

controle de qualidade e ao recolhimento de impostos. Em 1987, o Brasil apresentava um percentual de 77% do leite produzido pelo mercado formal; dez anos depois, em 1997, apenas 54% do leite foi fiscalizado quanto às condições sanitárias e higiênicas. Esta é, sem dúvida, uma realidade que coloca em risco a saúde do consumidor, haja visto que as condições em que o leite é produzido e comercializado deixam muito a desejar, na grande maioria dos casos.

Com relação ao mercado informal de leite, em anos mais recentes, este tem mostrado certa instabilidade. Segundo dados do IBGE, em 2000 representava 40,3% da produção; em 2001 este índice caiu para 35,6% e, no ano de 2002, voltou a subir, atingindo um percentual de 39%.

Segundo Sebastião Teixeira Gomes (2003), esses índices devem ser observados levando-se em consideração que uma boa parte do leite produzido, principalmente pelo pequeno produtor, é destinado para o autoconsumo. A distribuição apresenta-se, portanto, assim constituída: 64% destinam-se ao mercado formal, 21% ao autoconsumo e 15% ao mercado informal.

A comercialização do leite *in natura*, no Brasil, caracteriza-se por essa informalidade. Não há definições e compromissos previamente discutidos e/ou estabelecidos para médio e longo prazo. Isto gera riscos e incertezas para o produtor que, muitas vezes, não sabe quanto e quando irá receber pelo produto que vendeu (GOMES, 2003).

2.2.1 Cadeia Produtiva

O governo, durante mais de 40 anos, fixou o preço (nominal) do leite ao produtor, ao consumidor e determinou as margens de rentabilidade de cada um dos elos da cadeia produtiva. Com isso, todos os segmentos da cadeia produtiva, praticamente, se estagnaram. Os avanços tecnológicos foram episódios isolados, e a gama de produtos oferecidos aos consumidores permaneceu quase inalterada durante quatro décadas (VILELA *et al*, 2001, p.11).

A inflação elevada foi a tônica de quase todo o período de tabelamento de preços do leite e, como consequência, os preços recebidos pelos produtores foram

excessivamente instáveis, conforme referem Vilela *et al* (2001). Cabe salientar que o leite tabelado nunca significou remuneração adequada ao produtor e nem estabilidade de preços reais. Ainda hoje, produzir leite envolve considerável risco financeiro.

A indústria de laticínios, a qual adquire a matéria-prima, processa, produz e vende diversos derivados lácteos, preferiu adaptar-se às condições precárias da produção leiteira – com seu suprimento instável de matéria prima, baixa qualidade e alto custo de coleta – do que incentivar ou investir no aumento de produtividade (VILELA *et al*, 2001, p.13).

No Brasil, este setor é constituído por empresas com características bastante diferentes. Compõem o setor um pequeno número de unidades industriais modernas, e um número enorme de pequenas empresas, milhares delas do tipo cooperativas, com baixo padrão tecnológico, pouca sofisticação gerencial e produção de qualidade inferior.

Com o acirramento da concorrência externa e com a perda do poder de imposição de preços pelas grandes redes varejistas, as pequenas empresas, na maioria das vezes, terminaram pagando o preço da imprevidência, afirmam Vilela *et al* (2001, p.14). Sem ter acompanhado as tendências do mercado, grande parte das unidades produtivas estão sob ameaça de insolvência e, juntamente com centenas de pequenas empresas, sofrem o intenso processo de concentração, tal como ocorre com a produção leiteira. Unidades industriais de menor porte vão sendo fechadas ou adquiridas pelos grandes grupos nacionais e multinacionais, estes últimos com maior poder econômico e uma postura mais agressiva na conquista de novos mercados e na consolidação dos já existentes. Os obstáculos em realizar pesquisas, lançar novos produtos e realizar campanhas de *marketing*, completam as dificuldades de sobrevivência de empresas menores, ou de atuação regional.

No setor leiteiro e de laticínios as tendências nacionais e internacionais apontam para uma grande concentração de capital, elevado giro de negócios, grande volatilidade de produtos e comercialização em alta escala, e um elevado poder de barganha de grandes redes de varejo, devendo, por isso, permanecer um número cada vez menor de indústrias em um mercado dominado por sistemas de distribuição altamente informatizados e cada vez menos informal. Neste sentido,

cabe ao governo elaborar uma política de curto prazo para este segmento industrial que venha a permitir que um número maior de empresas sobreviva às atuais dificuldades, priorizando a modernização tecnológica e o aumento da eficiência da indústria de pequeno e médio porte (VILELA *et al*, 2001, p.127).

Reafirmando esta perspectiva, Vicente Nogueira Neto e Paulo Sérgio Mustefaga, em artigo publicado no informativo técnico da Revista Gleba, em sua edição de novembro e dezembro de 2001, página 21, afirmam que:

[...] não se pode omitir a ação deletéria do varejo. Cada vez mais concentrados, os supermercados pressionam os preços no atacado, reduzindo a margem da indústria, especialmente das pequenas e médias, que para manter ou minimizar a compressão de sua margem de comercialização, reduzem os preços aos produtores. O mais recriminável da ação dos supermercados é que os ganhos auferidos com a redução dos preços às indústrias raramente beneficiam o consumidor.

Essa tendência de concentração de capital, que privilegia as indústrias de maior poder econômico, também acontece com os produtores, pois com um número grande de pequenos produtores, a especialização deste setor torna-se difícil, a disseminação de informações fica mais lenta e deficitária, a coleta e o controle da qualidade do leite por parte das indústrias e do governo ficam mais dispendiosos.

Ainda sobre a tendência de concentração do mercado leiteiro, Vicente Nogueira Neto e Paulo Sérgio Mustefaga, no mesmo artigo, consideram que o que está acontecendo é resultado de uma estrutura imperfeita de mercado, pois as 20 maiores empresas de laticínios do Brasil são responsáveis por mais de 50% das compras no mercado formal; de outro, há milhares de produtores dispersos por todo o País. Embora os produtores venham se organizando, a relação ainda é muito desigual. A grande maioria dos produtores ainda é tomadora de preços.

A produção nacional de leite, principalmente a partir da década de 1990, vêm passando por transformações de ordem política, econômica e tecnológica que afetam toda a cadeia de lácteos. Segundo Vilela *et al* (2001, p.22-23) os fatores que determinaram essas transformações foram os seguintes:

- Liberação do preço de leite, em 1991. O tabelamento expulsou capitais e empresários da atividade, além de impedir o desenvolvimento da cultura da negociação;
- Maior abertura da economia brasileira ao mercado internacional, em

especial a instalação do Mercosul. Como ponto positivo pode-se citar o despertar para a competição internacional. Por outro lado, esta abertura trouxe os produtos lácteos importados, muitas vezes em condições subsidiadas no país de origem;

- A estabilidade da economia, com o plano Real, gerou um aumento na demanda, como consequência do aumento da renda da população. Em relação à produção, a estabilidade conseguida com a abertura comercial reduziu as margens de lucro pela queda do preço do leite, colocando em dificuldades todo o segmento da produção;
- Melhora na qualidade do leite, ainda em consequência da concorrência nacional e internacional, o que levou à exclusão do mercado formal aqueles produtores que não conseguiram se adequar às novas exigências tecnológicas;
- Grande crescimento do leite longa vida (UHT), que mudou o ponto de referência do preço do leite, causando impactos nas margens de lucro de toda a cadeia, uma vez que o principal ponto de venda desse tipo de leite são os supermercados, que possuem alta influência no preço do leite, em razão de sua estrutura oligopolizada.

Estas afirmações vão de encontro com as de Martins *et al* (2001, p.39), para quem o fim do tabelamento de preços, a abertura comercial, a entrada em vigor do Mercosul e principalmente o Plano de Estabilização Monetária – Plano Real – são fatores que explicam o dinamismo que se instalou em toda cadeia produtiva, com reflexos nas propriedades leiteiras na década de 90.

2.2.2 Produtividade

Questões como sustentabilidade, competitividade e qualidade têm sido intensamente debatidas nos últimos anos. No setor do leite, não é diferente, visto que para torná-lo sustentável e lucrativo será necessário rever alguns paradigmas preconizados pelo atual modelo de produção e organização adotadas pelo setor.

Para Sidnei Aparecido Baroni, Especialista em Administração Rural, citado

por Santos *et al* (2002), a sociedade precisa deixar de ver o setor produtivo como simples fornecedor de matéria prima barata, e passar a discuti-lo como um segmento importante da cadeia produtiva. Profissionais de Ciências Agrárias precisam aprimorar seu nível de conhecimentos, dominando informações e tecnologias que contribuam para a solução dos problemas de produção e produtividade, passando também a desempenhar o papel de consultores gerenciais. Estas necessidades se tornam urgentes, uma vez que o produtor não pode mais administrar seu negócio agrícola como há 20 ou 30 anos atrás, como consequência das mudanças ocorridas na economia mundial, que passaram a exigir agilidade, rapidez e precisão nas decisões.

Entre os anos de 1980 e 2003 houve um aumento de produção de 102,4%, e os dados apresentados na tabela 4 demonstram que a produtividade tem maior importância neste crescimento do que o aumento do rebanho. Na média, a produtividade das propriedades leiteiras é ainda muito baixa quando comparada as de outros países produtores, incluindo os países pertencentes ao Mercosul. Esta baixa produtividade pode ser decorrente de combinações inadequadas no uso de fatores produtivos, o que causaria elevação de custos e, conseqüentemente, redução da competitividade seja relativamente aos custos de oportunidade em relação a outras atividades, ou quanto à capacidade de competir com produtos lácteos de outras regiões ou países.

Tabela 4 – Produção de Leite, Vacas Ordenhadas e Produtividade Animal no Brasil

Ano	Produção de Leite (milhões litros/ano)	Vacas Ordenhadas (mil cabeças)	Produtividade (litros/vaca/ano)
1980	11.162	16.513	676
1981	11.324	16.492	687
1982	11.461	16.387	700
1983	11.463	16.276	704
1984	11.933	16.743	713
1985	12.078	16.890	715
1986	12.492	17.330	721
1987	12.996	17.774	731

(continuação tabela 4)

Ano	Produção de Leite (milhões litros/ano)	Vacas Ordenhadas (mil cabeças)	Produtividade (litros/vaca/ano)
1988	13.522	18.054	749
1989	14.095	18.673	755
1990	14.484	19.072	760
1991	15.079	19.964	755
1992	15.784	20.476	771
1993	15.591	20.023	779
1994	15.784	20.068	787
1995	16.474	20.579	800
1996	18.515	16.273	1.138
1997	18.666	17.048	1.095
1998	18.694	17.280	1.082
1999	19.070	17.395	1.096
2000	19.767	17.885	1.105
2001	20.510	18.194	1.127
2002	21.642	19.005	1.139
2003 ⁽¹⁾	22.595	19.195	1.177

(1) Projeção realizada pela Embrapa Gado de Leite

Fonte: IBGE (Censo Agropecuário e Pesquisa da Pecuária Municipal) .Dados disponíveis através da página www.cnpqgl.embrapa.br.

Elaboração: R. ZOCCAL - Embrapa Gado de Leite.

Porém, segundo Martins *et al* (2001, p.8), as estatísticas de leite no Brasil englobam unidades produtoras dos mais diversos tipos, desde a pecuária mais rudimentar, extensiva, utilizando rebanhos não-especializados, até a mais intensiva, dotada de tecnologia moderna e manejando rebanhos altamente especializados em termos de potencial genético para leite o que faz com que a produtividade da pecuária leiteira medida em litros/vaca/ano pouco explique sobre a pecuária nacional, que se caracteriza por realidades muito distintas.

O que parece contraditório é que, nesse mesmo período, o aumento da produtividade veio acompanhado de uma redução de preços recebidos pelos produtores. A explicação mais plausível para esta aparente contradição, segundo Santos *et al* (2002, p.5), é a redução no número de produtores fornecedores das principais indústrias compradoras, com média de fornecimento cada vez maior por

produtor remanescente, conseguindo, por meio da expansão na escala, manter ou aumentar a renda a despeito de menores retornos por litro produzido.

A tendência neste setor é aumentar a escala, melhorar a produtividade e a qualidade do produto. Aos produtores que não se adequarem aos novos protocolos de produção e às novas regras de mercado, a exclusão parece ser inevitável. A modernização deverá acarretar num aumento da produtividade, fazendo o Brasil aproximar-se ao padrão mundial e, como consequência, deverá haver uma redução do número de produtores. A reestruturação da produção leiteira não se dará sem grave custo social, pressupondo-se, assim, que o desafio será o de desenvolver programas oficiais de reconversão destes produtores buscando sua permanência na atividade, ou pelo menos, no campo (VILELA *et al*, 2001, p.11).

Ainda de acordo com Vilela *et al* (2001, p.12), para que o custo social seja o menor possível a economia brasileira deve estar em crescimento (o que abre o leque de possibilidades de outras atividades agrícolas ou mesmo urbanas) e a oferta de crédito deve estar estruturada de forma a suportar taxas de juros não superiores às internacionais.

Uma condição indispensável à sobrevivência da produção leiteira especializada é, sem dúvida, a adoção de medidas que proporcionem maior estabilidade e previsibilidade aos preços recebidos pelos produtores. A ausência da pressão dos preços internacionais é insuficiente para evitar a queda dos preços aos produtores quando há excedente de oferta, mesmo que seja pequeno, como ocorreu em plena entressafra de 2001, afirmam Vicente Nogueira Neto e Paulo Sérgio Mustefaga.

O elevado custo de produção é, assim, um dos grandes entraves ao progresso do setor, particularmente quando aliado aos pequenos preços pagos aos produtores, constituindo-se em uma das razões para a baixa rentabilidade alcançada por litro produzido no Brasil.

Mesmo com algumas adversidades, a produtividade vem crescendo consideravelmente. Em edição especial sobre o agronegócio, a revista Veja, edição de abril de 2004, com o título Agronegócio – Retratos de um Brasil que dá lucros, publica um artigo que evidencia esta evolução na produtividade da pecuária leiteira.

Falta pouco para o Brasil atingir a auto-suficiência na produção de leite, e isso tem pouco a ver com o crescimento do rebanho. Nas últimas três décadas, a produção aumentou 8 bilhões para 22 bilhões de litros sobretudo porque as vacas passaram a ser mais bem tratadas. No período, a média de produção saltou de 700 para 1.500 litros por animal no ano. Sexto maior produtor do mundo, com 20 milhões de vacas nas ordenhas, o país produz o equivalente a 1 real em leite para cada 9 reais tirados do campo. A tecnologia nos currais, com ordenhadeiras, tanques de resfriamento, inseminação artificial, seleção genética, entre outros fatores, permitiu reduzir o déficit resultante da importação de leite de 500 milhões para 60 milhões de dólares em cinco anos. Ao mesmo tempo, aumenta a exportação de leite em pó, que rende mais. Os ganhos na exportação devem se multiplicar por cinco a curto prazo, prevêem especialistas. Não é pouco para quem tinha, até a entrada do milênio, uma regulação sanitária datada de 1952, pela qual as fazendas produtoras não estavam nem mesmo obrigadas a resfriar o produto logo depois da ordenha (EDWARDS, 2004, p. 17).

2.3 PRODUÇÃO PARANAENSE

Para Martins *et al*, (2001, p.10) a produção brasileira de leite não é distribuída uniformemente entre os diversos estados, pois cerca de 70% da produção está concentrada em cinco estados: Minas Gerais, Goiás, Rio Grande do Sul, São Paulo e Paraná. Pode-se, portanto, considerar que o Estado do Paraná se caracteriza por ser um estado de tradição agropecuária, conforme se pode constatar observando os dados apresentados na tabela 5.

O Paraná, no ano de 2002, ocupava a quarta posição entre os estados produtores de leite do Brasil, com uma produção anual de 1.985 milhões de litros, participando com 9,2% da produção total nacional, e atrás dos Estados de Minas Gerais, Goiás e Rio Grande do Sul, que produziram 6.177, 2.483 e 2.330 milhões de litros, respectivamente. Ao se considerar o item produtividade, o Paraná sobe para a terceira posição, com uma produtividade de 1.672 medidos em litros por vaca; a primeira posição era ocupada pelo Rio Grande do Sul, com 1.964, seguido do Estado de Santa Catarina com 1.950, conforme demonstram os dados constantes da tabela 5.

Tabela 5 - Evolução da Produção de Leite nos Estados – 1991 – 2002
(Ordenada Segundo a produção de leite em 2002)

	Estado	Produção de Leite (milhões de litros)				Produtividade (Litros/vaca)	*Produtividade (litros/hab.)
		1991	1996	2001	2002		
1º	Minas Gerais	4.319	5.601	5.981	6.177	1.351	328
2º	Goiás	1.166	1.999	2.322	2.483	1.120	439
3º	Rio Grande do Sul	1.488	1.861	2.222	2.330	1.964	206
4º	Paraná	1.240	1.514	1.890	1.985	1.672	188
5º	São Paulo	1.980	1.985	1.783	1.748	1.018	50
6º	Santa Catarina	661	866	1.076	1.193	1.950	187
7º	Bahia	795	660	739	752	496	55
8º	Rondônia	252	317	476	644	978	306
9º	Pará	245	238	459	577	582	61
10º	Mato Grosso do Sul	421	407	445	472	987	33
11º	Mato Grosso	239	375	443	467	1.072	206
12º	Rio de Janeiro	391	432	447	447	1.150	169
13º	Pernambuco	317	422	360	392	1.036	122
14º	Espírito Santo	300	320	362	375	1.108	45
15º	Ceará	299	390	328	341	768	45
16º	Alagoas	208	223	244	224	1.376	77
17º	Maranhão	134	139	155	195	528	135
18º	Tocantins	112	144	166	186	463	27
19º	Rio Grande do Norte	109	160	143	158	829	52
20º	Paraíba	156	150	106	117	659	65
21º	Sergipe	98	135	113	112	856	31
22º	Acre	22	31	86	104	824	73
23º	Piauí	59	75	78	75	381	27
24º	Amazonas	39	27	38	40	550	13
25º	Distrito Federal	14	28	37	37	1.355	18
26º	Roraima	13	11	9	8	409	31

Continuação da tabela 5...

	Estado	Produção de Leite (milhões de litros)				Produtividade (Litros/vaca)	*Produtividade (litros/hab.)
27º	Amapá	2	2	3	3	556	8
	T O T A L	15.079	18.512	20.511	21.642	1.139	111

*Obs.: Os dados de produtividade de litros/habitantes são do ano de 2000.

Fonte: IBGE – Pesquisa da Pecuária Municipal. Dados disponíveis através da página
www.cnppl.embrapa.br.

Elaboração: R.ZOCCAL - Embrapa Gado de Leite – Adaptado

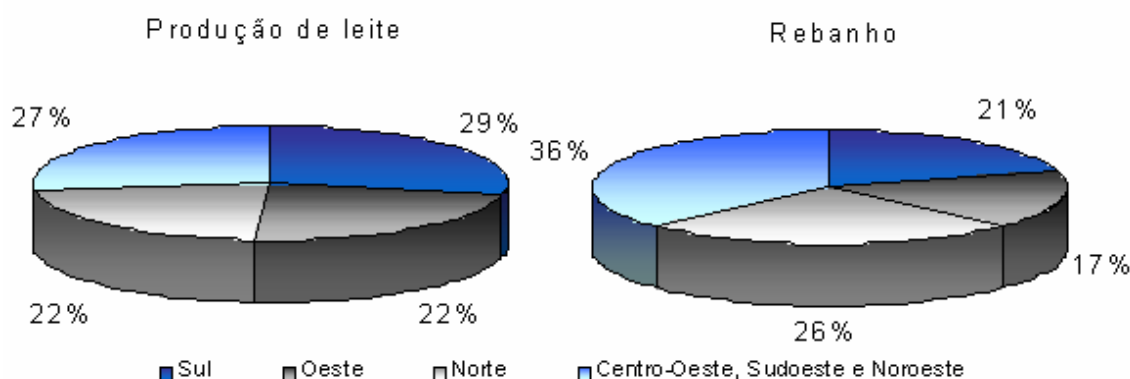
A comparação entre os resultados obtidos nos anos de 1991 e 2002 mostra que o estado do Paraná vem aumentando sua produção. Em 1991 a produção era de 1.240 milhões de litros; no ano de 2002 a produção atingiu 1.985 milhões de litros, com um crescimento de 60,1% neste período, o que corresponde a um crescimento de, aproximadamente, 5,5% ao ano. Entre os maiores produtores também merecem destaque os estados de Goiás, com um crescimento da ordem de 113%, Rio Grande do Sul com crescimento de 56,6% e Minas Gerais com crescimento de 43%. O destaque negativo fica por conta do Estado de São Paulo, que obteve uma queda de produção de 11,7% no período de 1991 a 2002, dados observados da tabela 5.

De acordo com Vilela *et al* (2001, p.231) esse crescimento não se deu em virtude apenas da expansão do rebanho bovino e, conseqüentemente, do número de vacas ordenhadas; houve avanços tecnológicos significativos, que permitiram ganhos na produção por animal, por área e por estabelecimento ocupado com a pecuária leiteira.

Segundo os dados do IBGE, em 1997 a região sul do estado era a que possuía os rebanhos leiteiros mais produtivos do Paraná, com produtividades médias de 3.507 litros/vaca/ano, apresentando percentuais de 28,6% da produção com 20,5% do rebanho. A segunda maior região era a oeste, com 22,4% da produção e 16,5% do rebanho, com uma produtividade média de 2.087 litros/vaca/ano. A região norte era a terceira maior produtora, com 22% da produção total e possuía o maior rebanho mestiço, atingindo 26% do rebanho estadual e produtividade média de 1.280 litros/vaca/ano. As regiões sul, oeste e norte

produziam 73% do total de leite do Paraná e concentravam em suas áreas 63% do rebanho. As regiões centro-oeste, sudoeste e noroeste participavam com 27% da produção e 37% do rebanho, e apresentavam as produtividades mais baixas do estado. A figura 1 mostra o percentual da produção de leite e do rebanho nas regiões do estado.

Figura 1 - **Produção de leite e rebanho nas regiões do estado do Paraná**



De acordo com Koehler (2000), o perfil zootécnico do rebanho leiteiro no Estado apresentava a seguinte composição: 28,4% são animais da raça Holandesa, 5,7% Jersey, 17,7% Girolanda, 8,0% Pardo-Suíço e 40,2% sem raça definida, segundo dados da pesquisa realizada pelo Departamento de Economia Rural – DERAL e pela Secretaria da Agricultura do Estado do Paraná – SEAB no ano de 1999. O gráfico 2 mostra o perfil zootécnico deste rebanho no estado.

Figura 2 - **Perfil zootécnico do rebanho no estado do Paraná**



Em relação à utilização de tecnologia na bovinocultura de leite no estado do Paraná, de acordo com os dados do censo agropecuário realizado pelo IBGE, nos anos de 1995 e 1996, a ordenha manual era realizado em 81% das propriedades rurais, o que corresponde a 67,6% do volume de leite produzido no estado. Já, a ordenha mecânica era utilizada em 19% das propriedades, sendo responsável por 32% da produção estadual.

Considerando que o Paraná apresenta diferentes regiões, cada uma com suas características topográficas, solo e clima característicos, estas particularidades regionais estabelecem os níveis de tecnologia mais adequados para os produtores de leite.

Segundo Koehler (2000), em 1999 a região norte, onde se encontram as propriedades que serviram de campo de estudo desta pesquisa, se caracterizava por possuir 65% de pequenos produtores de leite com produção inferior a 90 litros por dia. O rebanho era composto por animais mestiços, sendo que a maioria dos produtores realizava apenas uma ordenha por dia. Além disso, o uso de tecnologia na produção estava em fase de implantação e o número de produtores que realizavam ordenha mecânica e resfriadores de leite era inferior a 20%.

2.3.1 Projeto Vitória⁵

O Paraná, sendo o quarto estado produtor em volume de litros de leite, atinge, praticamente, uma produção de 2 bilhões de litros no ano, conforme dados observados da tabela 5. Trata-se, portanto, de uma atividade que vem gradualmente se expandindo e, conseqüentemente, gerando empregos. Segundo estimativas da EMATER Paraná, para cada produtor são gerados 34 empregos na cadeia produtiva⁶. Frente a este cenário, surgiu também a necessidade da criação de programas para acompanhar e prestar assistência principalmente aos pequenos produtores do estado. O Projeto Vitória foi criado em função dessa necessidade.

O Projeto Vitória iniciou-se em 1998, estruturado pela EMATER Paraná, uma

⁵ Fonte: A maior parte do conteúdo desta seção foi extraído de documentos institucionais da EMATER fornecido por Robson José Curty, Sidney Aparecido Baroni e Paulo Tadatoshi Hiroki.

⁶ Documento institucional da EMATER sobre o Projeto Vitória.

empresa do governo do Estado vinculada à Secretaria da Agricultura e do Abastecimento, com apoio do Programa Paraná 12 Meses, sendo uma parceria institucional entre a EMATER Paraná, a Universidade Estadual de Londrina (UEL), a Universidade Estadual de Maringá (UEM) e os produtores, que na primeira etapa, totalizaram 150. Desenvolvido em doze municípios da região do Arenito Caiuá - que inclui municípios da região de Maringá e Londrina, localizados no norte e nordeste do estado do Paraná - tem como idéia central a construção de um modelo de exploração leiteira sustentável, competitivo e lucrativo para esta região.

A região dos municípios, área de atuação do Projeto Vitória, passou por vários ciclos de produção, iniciando com a cultura do café, passando pelo algodão, soja e pecuária de corte. A pecuária de leite foi iniciada como uma complementação de renda das propriedades de café e de pecuária de corte. Sempre em busca de alternativas que demandassem poucos investimentos, os produtores foram mudando seus negócios na medida em que a fertilidade das terras foi diminuindo.

A figura 3 ilustra o mapa do estado do Paraná com destaque a região norte e nordeste do estado. A figura 4 ilustra os municípios da região norte e nordeste do estado do Paraná, onde se encontram os produtores de leite que participam do Projeto Vitória.

Figura 3 - Mapa do estado do Paraná⁷

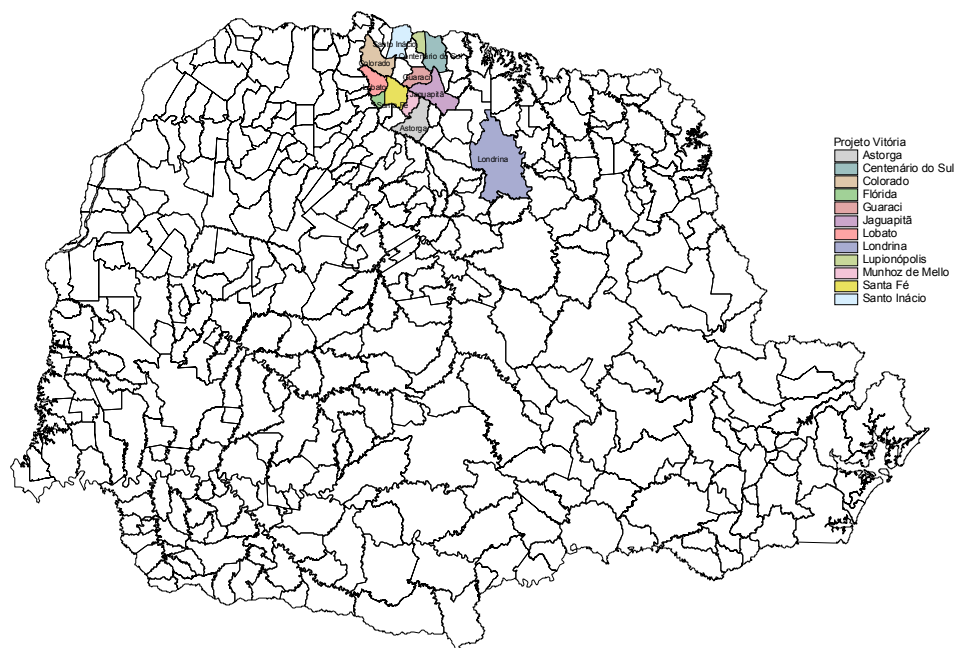
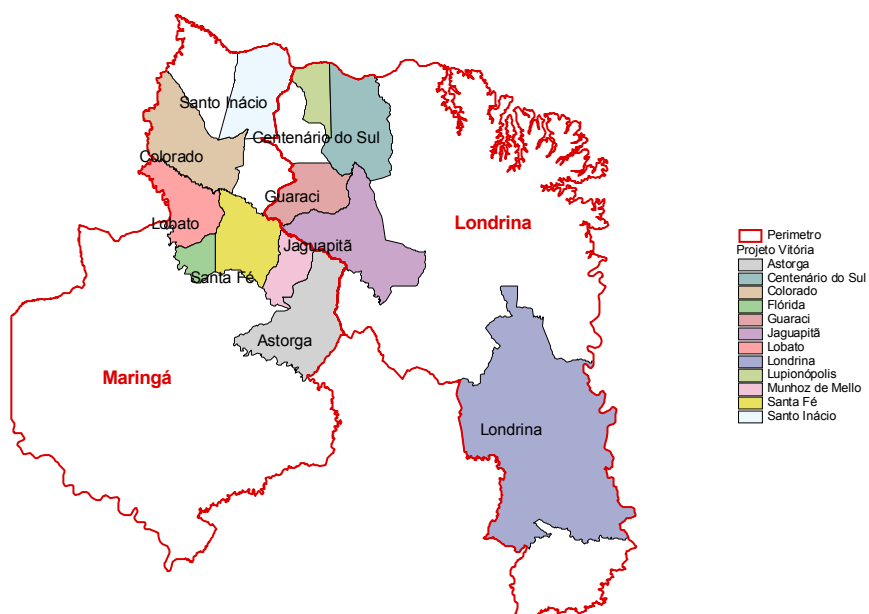


Figura 4 - Região de abrangência do Projeto Vitória



⁷ Os mapas das figuras 3 e 4 foram elaborados pela EMATER do Paraná.

As propriedades dos produtores de leite desta região, no ano de 1998, tinham características semelhantes: possuíam uma área utilizada para forrageiras e pastagem com cerca de 28 hectares, uma média de 30 vacas em lactação, mantinham rebanhos mestiços e desestruturados, com um grande número de animais com pouca produção de leite, baixa renda, com uma média anual de, aproximadamente, R\$ 23.000,00, e pastagens e alimentação alternativa do rebanho sem critérios, não mantendo registros e controles da produtividade.

O maior desafio do Projeto Vitória é mudar o cenário produtivo desses municípios localizados nesta região do Arenito Caiuá, tradicionalmente reconhecidos como improdutivos para a pecuária de leite, tornando-os uma importante bacia leiteira. O seu objetivo global é gerar um modelo de produção de leite, agindo e intervindo em propriedades para buscar a sustentabilidade das mesmas.

Para atingir o objetivo geral, o Projeto foi elaborado para ser desenvolvido em duas fases. A seguir, são descritas as principais atividades e metas para cada fase do Projeto.

Na primeira fase a estratégia de trabalho do Projeto Vitória foi a de dar início a uma seleção de produtores, os quais foram convidados a participar tendo como único critério a determinação em promover mudanças na atividade leiteira; sendo então formalizada a negociação e contratação do trabalho. Após esta etapa, foi feito o marco zero do projeto, que envolve a coleta de dados e informações, com exames de diagnóstico sanitário e reprodutivo, diagnóstico alimentar e de infra-estrutura. Após a realização do marco zero, o diagnóstico gera os principais entraves da propriedade, criando um pré-plano ou também chamado de plano inicial, o qual consiste em uma reorganização produtiva e administrativa. Na reorganização produtiva é realizado um plano de descarte de animais, estabelecendo o calendário sanitário, planejamento forrageiro e acompanhamento das ocorrências sanitárias. Nesta fase, também são realizados o monitoramento da reprodução e a construção de uma base de dados.

Concomitantemente com a reorganização produtiva e administrativa, os produtores passam a contar com assistência técnica personalizada, com visitas semanais e quinzenais, onde são realizados a coleta de dados, o acompanhamento das recomendações e atividades pontuais, o monitoramento produtivo, reprodutivo,

sanitário, econômico e financeiro, juntamente com a capacitação e preparo do pessoal envolvido no processo produtivo.

As próximas etapas realizadas são à atualização periódica do banco de dados, ajustes nos planos, avaliação dos resultados obtidos com a apresentação e discussão em conjunto com os produtores. A apresentação dos resultados é feita durante momentos diversos, quer seja por meio de encontros anuais, reuniões trimestrais de troca de experiências e reuniões técnicas (teórico-práticas) periódicas e a difusão dos principais resultados nos chamados dias de campo municipais, microregionais e regionais.

A meta, na primeira fase do projeto, é aumentar em 20% o volume de produção e reduzir até 30% os custos das propriedades-desafio.

A segunda fase do projeto Vitória consiste em trabalhar um plano de negócio baseado nos objetivos do empreendedor, para que o mesmo possa atingir as suas metas, destacando-se a visão do negócio e os objetivos a serem atingidos.

A região de abrangência do projeto envolve 21 municípios, os quais, incluem aproximadamente 2.000 produtores de leite, sendo a atividade da pecuária leiteira uma das principais atividades econômicas agrícolas destes municípios. A meta do projeto é atingir, no sentido de divulgar as técnicas existentes, o maior número possível de produtores e municípios dessa região.

As propriedades que integram o projeto servem como modelos técnicos alternativos para a produção de leite que, por sua vez, servirão como base técnica para outras propriedades vizinhas a estas. Atualmente, o projeto acompanha cerca de 75 propriedades, as quais estão em diferentes fases e etapas do projeto.

2.3.2 Outros Projetos de Pecuária de Leite da EMATER – Paraná

A diversidade de sistemas de produção de leite e as diferentes realidades regionais fizeram com que a EMATER – Empresa Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER-PR), na sua estratégia de trabalho, optasse pela construção de sub-programas regionais de referência. Com o intuito de desenvolver a cadeia de leite de forma integrada, a EMATER-PR desenvolve nove

sub-programas regionais, cujos objetivos são definidos em cada sub-projeto, conforme a realidade e as parcerias regionais existentes.

▪ **Programa de Leite de Guarapuava – PROLEG**

O PROLEG constitui-se em um programa de trabalho cujo objetivo geral é promover o desenvolvimento da pecuária leiteira de forma integrada na região central do Paraná e com todos os principais setores da cadeia do leite, que são: produtores de leite, indústria de laticínios, prefeituras municipais, EMATER-PR e serviços (comércio de insumos).

O programa tem como objetivos específicos melhorar os rendimentos dos produtores de leite através do aumento da produtividade, ampliar a geração de empregos na região, aquecer a economia regional, auxiliar a fixação do homem no campo, dotar os municípios envolvidos de infra-estrutura capaz de facilitar o escoamento da produção do leite, organizar a coleta do produto e produzir um leite de qualidade.

Os principais beneficiários do programa são os produtores e indústrias de leite da região central do Paraná, que abrange um total de 31 municípios.

▪ **Projeto “Vale” Mais Leite**

O projeto situa-se na região do Vale do Ívai, onde o leite é o terceiro produto do setor agropecuário, sendo que em alguns municípios ocupa a segunda posição, influenciando significativamente na renda da propriedade rural. O objetivo geral é buscar a sustentabilidade e cooperatividade do processo leite, levando o produtor a organizar sua produção com aumento da produtividade, busca da qualidade e gestão do seu negócio.

Este projeto é pautado por objetivos específicos que preconizam as seguintes ações:

- promover o aumento da produção e produtividade do rebanho leiteiro;
- melhorar o padrão genético do gado leiteiro, buscando a especialização dos produtores;
- incentivar preferencialmente a criação da raça Jersey;
- especializar o quadro técnico na produção leiteira;

- buscar o desenvolvimento da produção de leite a pasto usando para isto as forragens existentes na região;
- desenvolver trabalhos em sanidade das principais zoonoses;
- reorganizar o sistema atual de produção, fazendo com que os produtores utilizem resfriadores a granel;
- profissionalizar os produtores de leite, implantando e/ou melhorando o controle administrativo e zootécnico nas propriedades;
- organizar a comercialização do leite “in natura”, enquadrando na legislação vigente, em parceria com a vigilância sanitária municipal e;
- desenvolver trabalho de marketing em todas as ações desenvolvidas pelo grupo.

▪ **Projeto Rendleite**

A região de abrangência do projeto situa-se no oeste paranaense, na região de Toledo, compreendendo seis municípios nos quais a produção de leite é uma das principais atividades econômicas. O objetivo geral é a sustentabilidade da produção leiteira por meio de modernização pautada nos princípios técnicos da produção e gestão, elevando assim os níveis de renda da propriedade rural.

Como objetivos específicos, o Projeto busca capacitar e qualificar os produtores de leite para a produção com qualidade, produtividade, competitividade e rentabilidade, por meio de processos de gestão.

▪ **Projeto de Desenvolvimento da Pecuária Leiteira da Região de Francisco Beltrão**

Este projeto abrange vinte e sete municípios da região do sudoeste do Paraná, sendo eleita como prioritária em 85% dos municípios. Tem como objetivo geral buscar o desenvolvimento rural das famílias envolvidas nas atividades leiteiras numa visão de cadeia produtiva, respeitando as peculiaridades locais.

Seus objetivos específicos são: desenvolver parcerias com indústrias, entidades e órgãos públicos, para atuar no projeto; profissionalizar e qualificar a família rural para produção leiteira com competitividade, qualidade e sustentabilidade da propriedade e do meio ambiente; e organizar os produtores e a produção através

das formas associativas.

▪ **Projeto Qualileite**

O projeto compreende oito municípios da região de Santo Antônio da Platina, onde o leite é uma das principais atividades, tornado-se importante pela receita gerada e também pela distribuição da renda, que movimenta o comércio local. O objetivo da EMATER-PR, em parceria com os produtores, indústria lácteas, prefeituras e demais entidades ligadas ao leite, é o de melhorar a utilização dos recursos produtivos da região, aumentando a produtividade da pecuária leiteira uma vez que os estudos têm mostrado que as propriedades com baixa escala de produção vêm enfrentando dificuldades para manter-se em atividade naquela região.

▪ **Projeto de Atuação na Pecuária Leiteira na Região de Cascavel**

Esta proposta abrange um total de vinte e dois municípios da região de Cascavel, considerando uns com maior e outros com menor ênfase na atividade. Nesta região a pecuária leiteira é uma atividade rural com potencial ainda a ser expandido.

Os objetivos são: estruturação de uma equipe técnica capacitada para a área de produção leiteira para atendimento aos trabalhos organizados na região; organização dos produtores rurais quanto ao armazenamento da produção, para facilitar a comercialização do leite a granel e a viabilização do transporte até as indústrias do setor; tecnificação das propriedades rurais, visando os resultados em qualidade e maior renda; estabelecimento de parcerias com produtores, instituições e empresas da cadeia produtiva de leite, visando à viabilidade das ações e crescimento da atividade; e melhoria das condições ambientais e preservacionistas, com a cobertura do solo com pastagens bem manejadas e o uso de dejetos para fertilização, reduzindo desta forma a quantidade de adubos químicos utilizados.

▪ **Projeto de Desenvolvimento Territorial Sustentável da Agricultura Familiar na Cadeia Produtiva do Leite Para a Região Centro-Sul (AMCESPAR)**

Projeto que abrange doze municípios da região do centro-sul do estado,

onde a estrutura fundiária e econômica está centrada na agricultura e no agricultor familiar. Este projeto tem como objetivo geral a modernização do setor leiteiro como um todo, pautada nos princípios técnicos da produção e da gestão, desenvolvendo a economia e um mercado regional competitivo, elevando os níveis de renda e emprego das unidades produtivas familiares e a qualidade de vida da população rural de forma sustentável.

Os objetivos específicos são: qualificar e profissionalizar os produtores de leite e suas famílias, por meio de cursos profissionalizantes, encontros, excursões, dias-de-campo, seminários e outras metodologias; modernizar os sistemas de produção adotados na região, pela adoção de conhecimentos e métodos, pela introdução de insumos, máquinas e equipamentos, que se traduzam em aumentos na escala de produção e produtividade, com melhorias na qualidade do produto e produtividade, com redução de custos de produção, tornando a produção regional competitiva e sustentável; introduzir instrumentos de gestão técnica e administrativa da unidade de produção familiar que permitam avaliar o desempenho dos empreendimentos e a correta tomada de decisões gerenciais; reduzir a sazonalidade da produção leiteira da região pela melhoria da alimentação do rebanho através da formação de pastagens perenes e capineiras de alto valor forrageiro e dos aspectos reprodutivos e sanitários, proporcionando ingresso de renda constante ao produtor e oferta regular de matéria-prima ao laticínio; atuar no melhoramento genético do rebanho leiteiro pela introdução e descentralização de equipamentos para inseminação artificial, bem como na capacitação e organização dos produtores para a criação correta das bezerras e novilhas para a formação de um plantel leiteiro de animais de bom potencial genético e zootécnico; difundir conceitos de sustentabilidade da unidade produtiva familiar através do manejo adequado de dejetos, da não poluição da água, da reconstituição da fertilidade dos solos e da preservação e recuperação das matas ciliares; promover a organização formal ou informal dos produtores familiares de leite para conquista de espaço justo na cadeia produtiva e na sociedade; e construir parcerias institucionais formais e informais entre os segmentos públicos e privados que atuam na cadeia produtiva do leite.

▪ Pecuária de Leite em Assentamento

A Pecuária de Leite em Assentamento é um projeto que tem como objetivo imediato consolidar a atividade leiteira como negócio principal nos assentamentos da região de Paranavaí e seu objetivo principal é aumentar a renda líquida das famílias para três salários mínimos mensais.

2.4 CONSIDERAÇÕES

A produção leiteira vem sofrendo grandes transformações nos últimos anos, resultantes de uma nova conjuntura econômica mundial e globalizada. O produtor de leite é obrigado a adaptar-se a uma nova realidade de mercado cada vez mais competitivo, o que vem obrigando os produtores a promover mudanças em seus processos produtivos, já que as mudanças tecnológicas vêm ocorrendo de forma mais rápida.

O Projeto Vitória, criado pela EMATER no estado do Paraná, coloca-se como uma alternativa aos produtores, fornecendo subsídios para gerar essas mudanças no setor leiteiro, possibilitando o aumento da produtividade e gerando indicadores técnicos e econômicos para que os produtores possam tomar suas decisões em função dos objetivos a serem atingidos.

Além de promover essas mudanças em busca da melhoria da qualidade, da produtividade e da eficiência, existe, também, a necessidade de se estar avaliando o desempenho em seus processos produtivos para se manter competitivo dentro deste novo contexto social.

Uma das ferramentas que permite desenvolver um único índice de desempenho para cada unidade avaliada é o *Data Envelopment Analysis* (DEA), uma metodologia que identifica as melhores práticas de um grupo de produtores e mede a eficiência técnica de cada produtor, permitindo classificá-lo como eficiente ou ineficiente a partir da razão ponderada entre insumos e produtos. Esta ferramenta será abordada no próximo capítulo desta pesquisa.

3 DATA ENVELOPMENT ANALYSIS - DEA

Neste capítulo é descrita a metodologia DEA, utilizada nesta pesquisa. A exposição compreende algumas definições, aspectos gerais, as etapas necessárias para a aplicação, os modelos considerados tradicionais e o Índice de Malmquist, o qual é utilizado para calcular o impacto do Projeto Vitória sobre a produtividade dos produtores de leite da região norte e nordeste do estado do Paraná.

A metodologia DEA é utilizada para mensurar índices de eficiência técnica e seu uso vem se difundindo muito nos últimos anos nas mais diversas áreas do conhecimento, principalmente pela sua flexibilidade e facilidade de aplicação, o que motivou a sua utilização nesta pesquisa.

3.1 EFICIÊNCIA E PRODUTIVIDADE

Para que as organizações possam atingir seus objetivos econômicos ou sociais, devido a competitividade imposta às organizações na era da globalização e as mudanças tecnológicas⁸ que ocorrem rapidamente, faz-se necessário que as mesmas sejam eficientes, já que lançam, diariamente, no mercado consumidor, uma série de produtos e serviços que estão constantemente sendo avaliados pelos consumidores e pelas organizações concorrentes.

Uma das formas de se identificar se uma organização é eficiente ou não, é compará-la com outras organizações do mesmo ramo de atividades. Se, porventura, a organização consegue gerar a mesma quantidade de produtos que as outras com, no máximo, a mesma quantidade de insumos, ela é dita eficiente; caso contrário, ela é dita ineficiente.

Existem outras formas de se avaliar a eficiência, como por exemplo, quando inicia-se a produção de um bem ou serviço, deve-se combinar certos tipos de insumos para transformá-los em um ou mais produtos. A combinação ótima desses insumos, de tal forma que gerem o máximo de produtos, é designada eficiência.

⁸ Tecnologia é a maneira como uma empresa transforma os recursos utilizados em produtos. (Lovell *apud* Aguiar, 2003, p.33)

Quando se fala em eficiência deve-se ter em mente que existem diversas formas de eficiências; no entanto, na grande maioria das vezes a interpretação dada à eficiência é a da eficiência técnica (FARID *apud* ABEL, 2000, p.18)

Para Wilhelm (2000, p.4) a Eficiência Técnica é obtida por meio de uma comparação entre os níveis de insumos e produtos observados com os níveis de insumos e produtos ótimos, ou seja, a razão entre a produção observada e o potencial máximo atingível para um dado consumo; ou ainda a razão entre a quantidade de insumos observados e o potencial mínimo exigido para produzir uma quantidade fixa de produtos. Portanto, existem duas perspectivas de eficiência técnica, na qual uma busca aumentar a produção e a outra reduzir os insumos.

Outro conceito de eficiência, segundo Wilhelm (2000, p.4), é de Eficiência Alocativa, o qual indica se o produtor emprega os insumos à luz dos preços numa proporção ótima que minimiza os custos de produção.

Em relação a esses conceitos de eficiência técnica e eficiência alocativa, uma organização pode ser classificada como eficiente tecnicamente e, ao mesmo tempo, ser classificada como ineficiente alocativamente, pois não usa os insumos numa proporção adequada que minimize os custos de produção.

Estes conceitos de eficiência são relativos e expressos como uma porcentagem. As organizações que operam com as melhores práticas são 100% eficientes; já as outras que não atingiram as melhores práticas, são ineficientes e isto é representado com um percentual abaixo de 100%.

Identificar qual a melhor técnica de análise de eficiência é mais adequada para cada situação é de suma importância para alcançar os objetivos pretendidos. Existem dois métodos para mensurar a eficiência na utilização dos recursos: o paramétrico, em que utilizam-se métodos econométricos, e o não-paramétrico, baseado na programação matemática.

Para Lovell (*apud* REINALDO, 2002, p.30) o método paramétrico utiliza técnicas para estimar funções de produções⁹ “médias”, requer especificações explícitas de forma funcional e suposições acerca da distribuição do erro. Tem dificuldade em acomodar múltiplos produtos, geralmente expressando a produção por um índice, no qual importantes informações no espaço dos produtos podem ser

⁹ Função de produção é a relação que indica quanto se pode obter de um ou mais produtos a partir de uma dada quantidade de fatores (Simon *sem apud* Abel, 2000, p.9).

perdidas.

Reinaldo (2002, p.30) afirma que o método não paramétrico baseia-se na programação matemática e possui dois objetivos principais: construir fronteiras de produção¹⁰ a partir de dados empíricos e calcular uma medida de produtividade, relacionando dados de observações com as fronteiras de produção. Os pontos observados que pertencem à fronteira de produção são ditos eficientes e seus níveis de insumos e produtos são ótimos, enquanto os outros são ineficientes. Para dimensionar o grau de eficiência desses pontos considerados ineficientes, basta calcular a distância do ponto até a fronteira de produção.

Uma vantagem do método não paramétrico é a sua flexibilidade, já que se adapta a modelos com múltiplos insumos e produtos e impõem menos restrições quanto à tecnologia de produção¹¹, evitando colocar restrições desnecessárias sobre a função de produção que podem afetar a análise e distorcer as estimativas da eficiência. (IRAIOZ *et al.* *apud* ÁLVAREZ *et al.*, 2002, p.13).

A relação entre produtos gerados com o uso de um nível fixo de insumos é uma medida tradicional para se mensurar a produtividade de uma organização. Segundo Cooper *et al* (2003), já em 1957, Farrell definia a eficiência técnica como sendo uma medida de produtividade, que pode ser representada pela razão:

$$\text{Eficiência Técnica} = \frac{\text{Produto}}{\text{Insumo}}. \quad (01)$$

Esta razão é padronizada para se situar num intervalo entre 0 e 1, que serve como uma medida percentual da eficiência técnica. Porém, em geral, esta medida é considerada inadequada, pois, os processos organizacionais são mais complexos, existindo vários insumos e produtos. Em consequência disso, surge a necessidade de uma nova medida de eficiência:

$$\text{Eficiência Técnica} = \frac{\text{Soma ponderada dos produtos}}{\text{Soma ponderada dos insumos}} = \frac{\sum_r u_r y_r}{\sum_i v_i x_i} \quad (02)$$

¹⁰ Fronteira de Produção ou Isoquanta é a curva que representa a quantidade de insumos necessários para produzir um nível fixo de produtos. Diferentes produtores localizados na mesma isoquanta produzem o mesmo nível de produtos podendo empregar níveis diferentes de insumos. (Wilhelm, 2003, p.18)

¹¹ "Tecnologia de produção" é o conjunto de todos os pontos (planos) viáveis de produção de uma organização.

onde u_r e v_i são os pesos, isto é, o grau de importância que a organização atribui a quantidade y_r do produto r e x_i do insumo i , respectivamente.

Essa razão trouxe uma nova dificuldade, definir um conjunto de pesos u_r e v_i comuns para as variáveis de produtos e insumos y_r e x_i . Para Niederauer (2002, p.34) se houvesse acordo entre as unidades sob avaliação, a questão estaria solucionada; no entanto, sabe-se que os produtores, mesmo aqueles que atuam numa mesma área, têm interpretações e visões diferentes sobre determinados assuntos, gerando, com isso, alguma dificuldade em se definir pesos para as variáveis.

Em função dessas dificuldades, surge uma técnica de programação matemática para avaliar a eficiência técnica de organizações homogêneas¹², quando as mesmas possuem múltiplos insumos e produtos para os quais não se podem atribuir pesos, denominada *Data Envelopment Analysis – DEA*, que é a metodologia utilizada para desenvolvimento desta pesquisa.

3.2 ASPECTOS GERAIS DE DEA

A Análise por Envoltória de Dados (DEA) foi desenvolvida e introduzida na literatura, na sua atual forma, em 1978, por Charnes, Cooper e Rhodes. Foi originalmente projetada para uso como uma ferramenta para estimar a eficiência relativa em organizações sem fins lucrativos, como por exemplo, organizações governamentais (BOWLIN, 1999).

DEA é, em uma perspectiva mais ampla, uma generalização das medidas de Farrell, criadas em 1957, para situações em que unidades de produção utilizam múltiplos insumos e produtos. Sua primeira aplicação foi em escolas públicas norte-americanas. Porém, desde sua criação, foi desenvolvida e ampliada, passando a ser utilizada em diversas áreas do conhecimento e reconhecida como uma ferramenta efetiva nos processos de medida de desempenho (BOWLIN, 1999).

Data Envelopment Analysis – DEA, constitui-se em uma técnica de programação matemática não paramétrica, que tem por finalidade medir a eficiência

¹² Organizações homogêneas são organizações que devem realizar as mesmas tarefas e procurar atingir os mesmos objetivos, diferenciando apenas em relação à intensidade ou magnitude.

relativa de um conjunto de unidades tomadoras de decisões, que são homogêneos, permitindo classificar cada unidade em eficientes e ineficientes e gerando um único indicador de desempenho para cada unidade avaliada, a partir da razão ponderada entre produtos e insumos.

É particularmente adequada na avaliação de organizações nas quais o preço de mercado dos insumos e recursos, bem como os produtos e resultados, não são conhecidos ou são inexistentes, evitando, com isso, estipular pesos aos insumos e produtos e permitindo que cada organização seja valorizada com o que tem de melhor.

Nesta mesma linha de raciocínio Lins *et al* (2000, p.53) afirmam que esta flexibilidade nos pesos pode ser considerada como uma das maiores vantagens da metodologia DEA, uma vez que contribui para identificar as organizações ineficientes, que apresentam baixa performance com seu próprio conjunto de pesos.

Na concepção de Paredes (1999), DEA gera uma fronteira de eficiência de uma tecnologia produtiva que define o melhor desempenho possível de ser alcançado nessa tecnologia. Esta fronteira corresponde à envoltória formada por facetas lineares que ligam os planos de operação executados pelas organizações eficientes, de modo que os planos ineficientes fiquem sob essa envoltória. Vindo de encontro com essa visão, Calhoun (2003) define DEA como uma técnica de programação matemática usada na construção de uma fronteira de produção ou de possibilidades de produção que auxiliam na tomada de decisões.

Como DEA compara todas as unidades entre si e identifica aquelas de melhor desempenho, as quais servem como referência para as demais unidades, DEA também é definido como um método de *benchmarking*.

Prust (2002, p.15) define *benchmarking* como:

O *Benchmarking* é uma técnica simples de aprendizado aplicável a qualquer ramo ou atividade humana. Conceitualmente é um método que substitui a técnica da "tentativa e erro" pela qual o sujeito do *benchmarking* – seja ele um indivíduo, uma empresa, uma agência ou uma entidade – procede à identificação do indivíduo que se destaca e ocupa a posição de liderança em determinado setor de atividade, ao estudo de suas ações e práticas, e daí deriva a adoção de facetas de seu *modus operandi* que sejam mais adequados à melhoria do desempenho do próprio sujeito no referido setor de atividade.

A definição de eficiência utilizada na metodologia DEA é denominada Eficiência Pareto-Koopmans, em que uma organização é completamente eficiente se, e somente se, não é possível aumentar nenhum insumo ou produto sem diminuir algum outro insumo ou produto (COOPER *et al*, 2000, p.45). Ainda segundo Cooper *et al*. (2000, p.22) em DEA, a organização em estudo é chamada de DMU (*Decision Making Units*), a qual, geralmente, é vista como a entidade responsável pela conversão de insumos em produtos e cujas performances são avaliadas.

Conforme referem Golany *et al* (*apud* NIEDERAUER, 2002, p.37), para que se possa aplicar a metodologia DEA é necessário que algumas condições sejam satisfeitas:

- as organizações que estão sob análise devem ser homogêneas, isto é, realizar as mesmas tarefas e possuírem objetivos semelhantes;
- as organizações devem atuar sob as mesmas condições de mercado; e
- as variáveis (insumos e produtos) devem ser as mesmas, apresentando variações apenas quanto à intensidade ou magnitude.

DEA possui algumas características positivas que o tornam uma metodologia útil para a mensuração da eficiência técnica. Segundo Charnes *et al* (1996, p.7-8), estas características são as seguintes:

- opera com múltiplos insumos e produtos;
- não é necessário estipular a forma funcional;
- gera um único escore de desempenho relativo às outras unidades;
- diferencia as unidades eficientes das ineficientes;
- define os recursos e calcula o nível de ineficiência das unidades ineficientes;
- consegue detectar deficiências específicas, que não podem ser detectadas por outras técnicas.

Embora apresente muitas características positivas, DEA é baseada em suposições e, como em qualquer técnica empírica, possui algumas limitações que devem ser consideradas. Para Dyson *et al* (*apud* NIEDERAUER, 2002), essas limitações são as seguintes:

- por ser uma técnica de ponto extremo, a análise é sensível a ruídos, tais como erros de medição ou valores extremos;

- à medida que cresce o número de variáveis, aumenta também a chance de mais unidades alcançarem o desempenho máximo;
- sendo DEA uma técnica não paramétrica, torna-se difícil formular hipóteses estatísticas; e
- DEA estima bem o desempenho “relativo”, mas converge muito vagarosamente para o desempenho “absoluto” porque está baseado em dados observados e não no ótimo ou no desejável.

Sabe-se que toda metodologia possui pontos fortes e fracos. Para se ter uma idéia da atual dimensão da metodologia, em 1996 Tavares (2002) projetou um sistema de banco de dados em um servidor da Internet, através do qual pôde contabilizar certa quantidade de publicações envolvendo Análise por Envoltória de Dados. De 1978 a 2001, o banco de dados de DEA registrou 3203 referências de DEA com 2152 autores. Nos últimos anos da pesquisa, 2000 e 2001, o número de publicações ficou com uma média de 330 publicações por ano.

3.3 ETAPAS DE APLICAÇÃO DOS MODELOS DEA

Para aplicação dos modelos DEA é necessário uma seqüência de etapas a ser seguida; posteriormente, é feita uma análise dessas etapas, que compreendem:

- I. seleção das DMUs a entrarem na análise;
- II. seleção das variáveis (insumos e produtos) que são relevantes e apropriadas para estabelecer a eficiência relativa das DMUs selecionadas;
- III. identificação e aplicação dos modelos.

3.3.1 Seleção das DMUs

Nesta primeira fase, as DMUs a entrarem em análise têm que ser homogêneas, conforme afirmam Lins *et al* (2000, p.37). Isso significa dizer que devem realizar as mesmas tarefas e procurar atingir os mesmos objetivos,

diferenciando-se apenas em relação à intensidade ou magnitude.

Após a determinação de quais DMUs a serem analisadas, o próximo passo é indicar o número de DMUs a serem utilizadas nos modelos. Para Lins *et al* (2000, p.37) o número de DMUs deve ser, no mínimo, o dobro do número de variáveis (insumos e produtos) utilizadas no modelo, em se tratando de modelos DEA tradicionais. Já para Nunamaker (*apud* ABEL, 2000, p.37) o número de organizações deveria ser de, no mínimo, três vezes maior que a soma dos produtos e insumos incluídos na especificação.

Portanto, para a seleção das DMUs a entrarem em análise é importante verificar se as DMUs são homogêneas, se estão em número (no mínimo) duas vezes maior que as variáveis (insumos e produtos), se utilizam os mesmos insumos e produtos e se têm autonomia para a tomada de decisões.

3.3.2 Seleção das Variáveis

Na segunda fase, a seleção das variáveis é dividida em insumos e produtos. Os insumos referem-se a todos os recursos utilizados por uma DMU para elaborar os seus produtos; estes, por sua vez, podem ser definidos como o resultado de bens e serviços produzidos por uma DMU.

Para alguns pesquisadores a seleção de variáveis adequadas é a questão mais importante na utilização de DEA para medir eficiência de qualquer DMU, uma vez que determina o contexto de avaliação de comparação, conforme afirma Yeh (*apud* MAÇADA *et al*, 1999, p.6). Este processo de seleção não é uma conduta linear, exigindo vários processos de idas e vindas para se encontrar as variáveis que melhor representam o desenvolvimento de uma DMU.

As variáveis podem ser: controláveis, ou seja, estão sujeitas às decisões gerenciais, sendo, portanto, passíveis de serem alteradas, de acordo com os objetivos a serem atingidos; e não controláveis, isto é, não são afetadas de acordo com as decisões gerenciais. Pode-se citar, como exemplos, os fatores ambientais. Também podem ser qualitativas ou quantitativas, quando, porém, as qualitativas devem tomar um valor físico, a fim de torná-las mensuráveis.

Com relação a este aspecto, Lins *et al* (2000, p.38) afirmam que:

A introdução de um grande número de variáveis resulta em uma maior explicação das diferenças entre as DMUs, mas por outro lado, fará com que um número maior de DMUs esteja na fronteira. O incremento de muitas variáveis reduz a capacidade do DEA de discriminar as DMUs eficientes das ineficientes. Portanto, o modelo deve ser mantido o mais compacto¹³ possível para maximizar o poder discriminatório do DEA.

Após realizado um levantamento de uma lista inicial de variáveis, que não requer nenhum tratamento numérico, deve-se elaborar uma seleção que contemple somente as mais relevantes para efetuar o cálculo da eficiência. Segundo Lins *et al* (2000, p.38) existem dois tipos de seleção: o primeiro utiliza a opinião do interessado usuário e/ou especialista e o segundo utiliza o apoio da análise de correlação.

Para os mesmos autores, no primeiro tipo deve se levar em consideração se a variável está apontando alguma informação necessária que não tenha sido incluída em outras variáveis; se a variável está relacionada ou contribuindo para um ou mais objetivos da aplicação; se os dados das variáveis são confiáveis e seguros; e, por fim, se explicam a eficiência de uma DMU.

No segundo tipo de seleção, Norman e Stoker (*apud* LINS *et al*, 2000, p.41-42) propuseram o primeiro procedimento sistematizado para seleção de variáveis, inspirados no método *stepwise* (passo a passo) para a seleção de variáveis em modelos de regressão linear estatística. Este método parte de um par inicial de insumo e produto, calcula os escores das DMUs baseadas neste par inicial e os coeficientes de correlação de todas as demais variáveis com estes escores. Para selecionar a próxima variável a entrar no modelo, a lista de variáveis é percorrida em ordem decrescente do módulo do coeficiente de correlação.

O método, denominado pelos autores de *I-O Sepwise*, tem como objetivo incorporar a variável que permitirá um melhor ajuste das DMUs à fronteira. Este método requer o conhecimento prévio acerca das características da variável candidata, ou seja, se é um insumo ou produto, e estabelece critérios distintos para sua seleção.

¹³ Modelo compacto no sentido de reduzir a lista inicial de variáveis e incluir somente aquelas efetivamente relevantes.

3.3.3 Identificação e Aplicação dos Modelos

Para aplicação dos modelos, a escolha irá depender dos dados disponíveis e da sensibilidade do decisor, o qual deverá ser capaz de escolher aquele que traduza a realidade dos dados em termos de insumos e produtos.

Antes da escolha dos modelos há necessidade de se compreender qual a tecnologia utilizada pela DMU, ou seja, como a DMU transforma os seus insumos em produtos. Compreendendo a tecnologia utilizada pela DMU, pode-se encontrar todos os pontos (planos) viáveis de produção. Este conjunto de pontos viáveis é denominado tecnologia de produção.

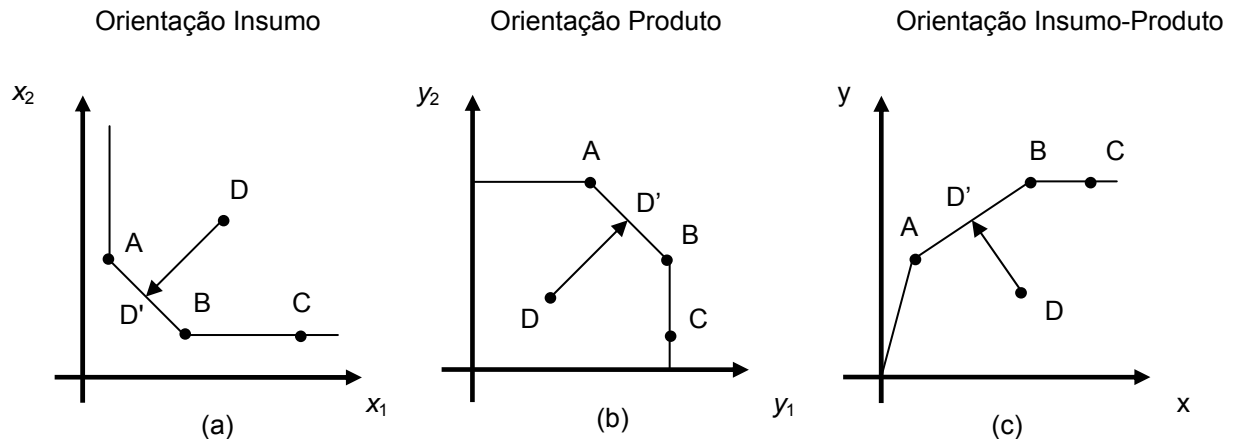
Para definir os modelos que representam melhor a tecnologia de produção, há necessidade de fazer algumas opções quanto à sua orientação, ao tipo de retorno de escala e ao tipo de descarte.

3.3.3.1 Orientação dos modelos DEA

DEA apresenta três opções em relação à orientação dos modelos para que se possa atingir o objetivo proposto. Se a escolha for pelo tipo orientação insumo, isto irá indicar que o objetivo será o de reduzir os insumos sem alterar o nível dos atuais produtos; por outro lado, se a escolha for orientação produto, o objetivo passa a ser aumentar os produtos, porém mantendo fixo o nível de insumos; por fim, a terceira escolha é a orientação insumo-produto, que constitui-se em uma junção dos dois modelos anteriores, ou seja, aumentar ao máximo a produção diminuindo ao mínimo os insumos.

Na figura 5 pode-se observar a diferença gráfica entre os três modelos propostos em relação à orientação das variáveis.

Figura 5 - **Orientação dos modelos DEA**



No gráfico orientação insumo, (a), observa-se 4 produtores (A, B, C e D). Destes, A, B e C encontram-se na isoquanta, entretanto somente A e B são eficientes. Para o produtor D ser eficiente tecnicamente deve reduzir o nível dos insumos x_1 e x_2 até D'. O produtor C deve reduzir o nível de insumo x_1 até atingir o mesmo nível de consumo de B.

No gráfico orientação produto, (b), A, B e C encontram-se na isoquanta, entretanto somente A e B são eficientes. Para o produtor D ser eficiente tecnicamente deve aumentar o nível dos produtos y_1 e y_2 até D', enquanto que C deve aumentar o nível do produto y_2 até atingir a mesma produção do produtor B.

No gráfico orientação insumo-produto, (c), A, B e C encontram-se na isoquanta, entretanto somente A e B são eficientes. Para o produtor D ser eficiente tecnicamente deve reduzir o nível de consumo de x e aumentar o nível de produto y até D'. Já o produtor C deve reduzir o nível do insumo x até atingir o mesmo nível de consumo do produtor B.

3.3.3.2 Retorno de escala

A relação entre insumos e produtos é denominada retorno de escala. Nos modelos DEA encontram-se quatro possibilidades de retornos: retornos constantes de escala (CRS), retornos não crescentes de escala (NIRS), retornos não decrescentes de escala (NDRS) e retornos variáveis de escala (VRS).

- **Retorno constante de escala (CRS – Constant Returns to Scale)**

Uma tecnologia apresenta retorno constante de escala quando os insumos aumentam ou diminuem numa mesma proporção dos produtos, isto é, quando os insumos aumentam ou diminuem num fator λ , sendo λ um escalar positivo, a produção irá aumentar ou diminuir por este mesmo fator λ (Gráfico (a), figura 4).

- **Retornos não crescentes de escala (NIRS – Non Increasing Returns to Scale)**

Uma tecnologia apresenta retorno não crescente de escala se, ao multiplicar a quantidade de insumos por um fator $\lambda > 1$ os produtos serão multiplicados por um fator $\lambda' \leq \lambda$ (Gráfico (b), figura 4).

- **Retornos não decrescentes de escala (NDRS – Non Decreasing Returns to Scale)**

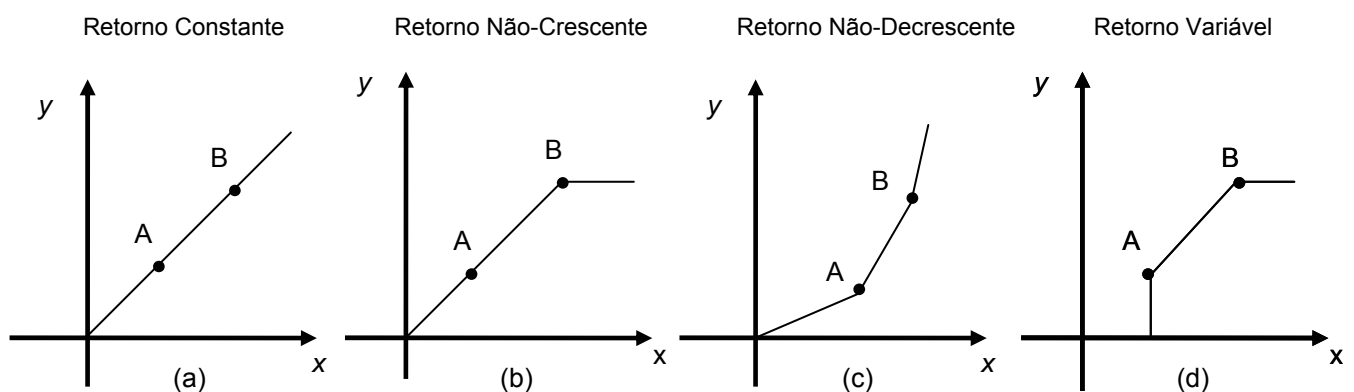
Uma tecnologia apresenta retorno não decrescente de escala se, ao multiplicar a quantidade de insumos por um fator $\lambda > 1$ os produtos serão multiplicados por um fator $\lambda' \geq \lambda$ (Gráfico (c), figura 4).

- **Retornos variáveis de escala (VRS – Variable Returns to Scale)**

Uma tecnologia apresenta retorno variável de escala quando não segue nenhum dos padrões anteriores, ou seja, quando os insumos são multiplicados por um fator λ , a produção pode seguir qualquer comportamento em relação a este fator λ (Gráfico (d), figura 4).

A figura 6 ilustra os quatro tipos de retornos citados anteriormente considerando um insumo (x) e um produto (y).

Figura 6 - Retornos de escala



Nos 4 gráficos da figura 6 estão representados planos de produção de duas DMUs. Cada uma consome 1 insumo (x) e produz 1 produto (y). Pode-se observar que A e B encontram-se na fronteira, e também que a forma desta fronteira é diferente nos 4 casos. A região abaixo da fronteira, incluindo os planos de produção pertencentes a fronteira, são considerados planos de produção viáveis.

No primeiro caso (gráfico (a)), para que um produtor se mantenha sobre a fronteira, por exemplo, um aumento do consumo leva a um aumento na mesma proporção do nível de produção. Já no caso de retorno não-crescente e retorno variável (gráficos (b) e (d)), a proporção de aumento na produção é menor ou igual. Quando ocorre retorno não-decrescente (gráfico (c)), verifica-se que se ocorrer um aumento no consumo numa dada proporção, então a produção aumentaria numa proporção maior ou igual.

3.3.3.3 Tipo de descarte

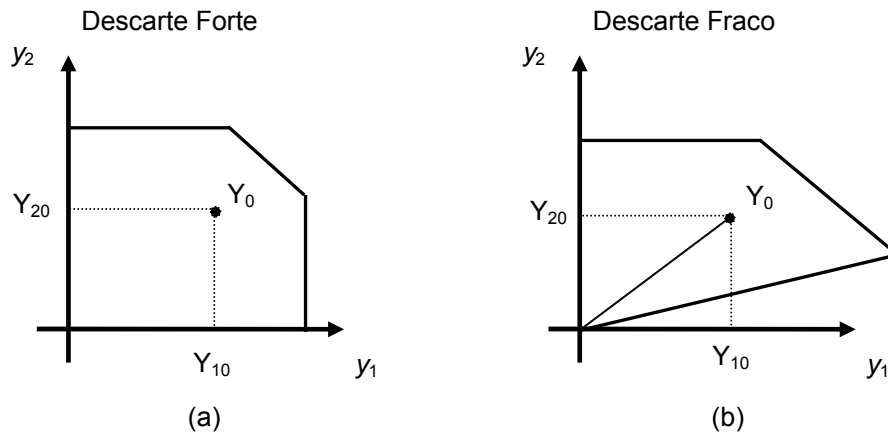
A combinação dos fatores de produção para alterar as proporções entre insumos e produtos utilizados numa tecnologia de produção é denominada descarte. Nos modelos DEA há duas possibilidades de descarte: o descarte fraco e o descarte forte.

- **Descarte fraco:** um conjunto de Produção $P(x)$ exibe descarte fraco em situações em que a redução de um produto (insumo) implicar numa redução de igual proporção dos demais produtos (insumos) (Gráfico (b), figura 7).

- **Descarte forte:** um conjunto de Produção $P(x)$ exibe descarte forte em situações em que há possibilidade de redução de um produto (insumo) sem que isso implique na redução dos demais produtos (insumos) (Gráfico (a), figura 7).

A figura 7 ilustra os modelos de descarte existentes na metodologia DEA para a situação de dois produtos:

Figura 7 - Tipos de descarte



No primeiro gráfico da figura 7 encontra-se representado o plano de produção $y_0 = (y_{10}, y_{20})$. Neste caso, todos os pares de pontos (y_1, y_2) “envolvidos” pela fronteira e sobre a fronteira (incluindo a mesma) são planos de produção viáveis. Observa-se neste gráfico, devido o formato da fronteira, que pode-se diminuir livremente os valores de y_{10} e y_{20} , ou seja, pode-se, por exemplo, deixar de produzir y_{10} ($y_{10} = 0$) e ainda permanecer no conjunto dos planos de produção viáveis. Neste caso diz-se que y_1 e y_2 tem a propriedade de descarte forte.

No segundo gráfico da figura 7 o produto y_1 tem a propriedade de descarte forte e y_2 a propriedade de descarte fraco, pois não pode-se diminuir livremente y_2 . Ou seja, é possível reduzir y_2 , mantendo fixo y_1 , até a parte inferior da fronteira de produção. Se for desejável uma redução maior em y_2 , então, também, será necessário reduzir y_1 para que o plano resultante ainda seja viável.

3.4 MODELOS DEA TRADICIONAIS

Existem duas classes de modelos DEA tradicionais: o CCR, criado em 1978, por Charnes Cooper e Rhodes, o qual admite retorno constante de escala, isto é, assume que o aumento dos produtos é proporcional ao aumento dos insumos para quaisquer escalas de produção; e o BCC, criado em 1984 por Banker, Charnes e Cooper, o qual admite retornos variáveis de escala, isto é, não existe uma proporção constante entre o aumento da quantidade de produtos com a quantidade de

insumos.

Estas classes operam com diferentes tipos de tecnologia e, conseqüentemente, geram fronteiras de eficiência¹⁴ e medidas de eficiência diferentes. Já em relação à orientação, ambas podem ser escritas sob duas formas de projetar os planos ineficientes na fronteira: uma, reduzindo a quantidade de insumos e mantendo fixos os produtos; e outra aumentando os produtos e mantendo fixo a quantidade de insumos.

Portanto, considerando-se o item orientação, pode-se definir quatro modelos DEA tradicionais, a saber: CCR orientação produção, CCR orientação insumo, BCC orientação produção e BCC orientação insumo.

Em seguida é apresentado um exemplo dos modelos CCR e BCC, ambos em orientação produção, a qual foi utilizada nesta pesquisa, para uma melhor compreensão da diferença entre estas duas classes de modelos.

3.4.1 Modelo CCR Orientação Produção

A eficiência técnica orientação produção da o-ésima DMU é obtida através do seguinte problema de programação fracionária - PF, considerando n insumos, m produtos e J produtores.

$$\begin{aligned}
 \text{Efic}(DMU_o) = \min & \quad \frac{\sum_{i=1}^n v_i x_{oi}}{\sum_{k=1}^m u_k y_{ok}} \\
 \text{s.a.:} & \quad \frac{\sum_{i=1}^n v_i x_{ji}}{\sum_{k=1}^m u_k y_{jk}} \geq 1; \quad j = 1, 2, \dots, J \\
 & \quad u_k, v_i \geq \varepsilon, \forall k, i.
 \end{aligned} \tag{03}$$

¹⁴ Fronteira de eficiência é o conjunto de todos os planos de operação considerados Pareto Koopmans eficientes.

onde:

- $\varepsilon > 0$ - um número não arquimediato¹⁵;
- Efic (DMU_o) - taxa de eficiência técnica da o-ésima DMU;
- u_k - peso associado ao produto k;
- v_i - peso associado ao insumo i;
- y_{ok} - quantidade de produto k da o-ésima DMU;
- x_{oi} - quantidade de insumo i da o-ésima DMU;
- y_{jk} - quantidade de produto observado k da j-ésima DMU;
- x_{ji} - quantidade de insumo observado i da j-ésima DMU;
- J - número de produtores;
- m - número de produtos;
- n - número de insumos.

Aplicando este modelo, obtém-se como resultado: um conjunto de escores maior ou igual a 1 (um); um conjunto de referência para a DMU_o, nas quais os escores de eficiência são sempre iguais a 1 (um); e os valores dos pesos (u_k e v_i) para esta DMU. Este processo deve ser repetido para cada DMU existente, gerando, com isso, valores diferentes de u_k e v_i para estas DMUs. O objetivo desses pesos é minimizar a razão entre a soma ponderada dos insumos e a soma ponderada dos produtos.

Para Bowlin (1999), estes pesos são calculados tal que a organização sob avaliação é colocada na melhor luz possível, perante as outras unidades, no conjunto de dados. Os pesos gerados por DEA podem não representar a mesma importância que administração possui, mesmo que subjetivamente, sobre determinada variável.

O problema de programação não-linear possui infinitas soluções. Para solucionar esta adversidade Charnes, Cooper e Rhodes fixaram um valor constante para o denominador da função objetivo e o transformaram em um PPL (Problema de Programação Linear), o qual pode ser resolvido facilmente por qualquer *software* de programação linear. Este modelo é conhecido também como problema dos multiplicadores ou de razão de eficiência, conforme representado a seguir:

¹⁵ O valor de ε depende dos dados e do *software* utilizado para resolver o PF. É comum fixar ε em 10^{-6} .

$$\begin{aligned}
\text{Efic}(\text{DMU}_o) = & \min \sum_{i=1}^n v_i x_{oi} \\
\text{s.a.:} & \sum_{i=1}^n v_i x_{ji} - \sum_{k=1}^m u_k y_{jk} \geq 0; \quad j=1,2,\dots,J \\
& \sum_{k=1}^m u_k y_{ok} = 1 \\
& u_k, v_i \geq \varepsilon, \forall k,i
\end{aligned} \tag{04}$$

Como visto anteriormente, este modelo deve ser resolvido para todas as DMUs existentes. Para resolver este problema foi gerado o dual deste, que possui menos restrições que o modelo primal, e em consequência disso, requer um tempo computacional menor.

Se o modelo primal tem $(J + 1)$ restrições e $(n + m)$ variáveis, o seu modelo dual terá $(n + m)$ restrições e $(J + 1)$ variáveis, lembrando-se que para que o modelo DEA seja considerado consistente, o número de DMUs (J) tem que ser de, no mínimo, o dobro do número de variáveis $(n + m)$, gerando, com isso, um tempo computacional menor nos modelos duais do que nos modelos primais.

Neste caso, os modelos duais, além de gerar um tempo computacional menor, são fundamentais à compreensão e interpretações complementares. Portanto, em geral a implementação dos modelos DEA é feita utilizando os modelos duais.

Em seguida, pode ser observado o modelo CCR dual orientação produção com suas variáveis de folga:

$$\begin{aligned}
\text{Efic}(\text{DMU}_o) = & \max \theta_o + \varepsilon \left(\sum_{k=1}^m s_k + \sum_{i=1}^n e_i \right) \\
\text{s.a.:} & \theta_o y_{ok} - \sum_{j=1}^J \lambda_j y_{jk} + s_k = 0, \quad k=1,2,\dots,m \\
& \sum_{j=1}^J \lambda_j x_{ji} + e_i = x_{oi}, \quad i=1,2,\dots,n \\
& \lambda_j, s_k, e_i \geq 0, \theta_o \in R, \forall j,k,i
\end{aligned} \tag{05}$$

onde: θ_o - expansão (equiproporcional) máxima do vetor de produtos;

s_k - variável de folga do produto k ;

e_i - variável de folga do insumo i ;

λ_j - variável de decisão (conjunto de referências) da j -ésima DMU.

A projeção da DMU_o na fronteira de produção é:

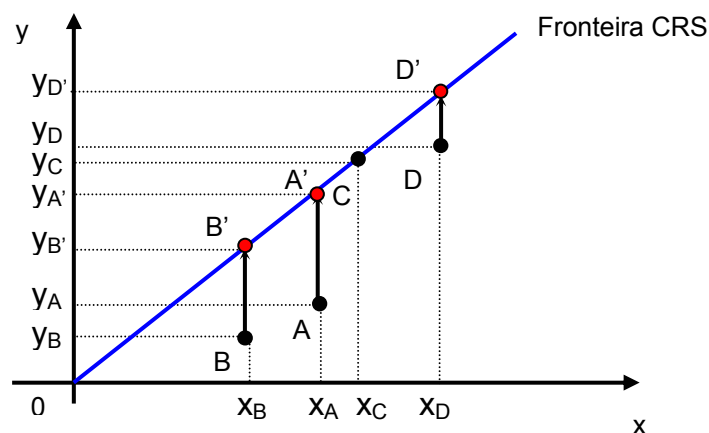
$$x'_o = x_o - e \quad (06)$$

$$y'_o = \theta_o y_o + s \quad (07)$$

ou seja, se a DMU_o passar a consumir o vetor de insumo x'_o e produzir o vetor y'_o , então será eficiente tecnicamente.

Na figura 8 observa-se a superfície envoltória dos dados considerando uma tecnologia de produção com retorno constante de escala (CRS) e descarte forte de produtos, com orientação produção. Nesta figura encontram-se, também, 4 DMUs (A, B, C e D), as quais consomem uma quantidade x de insumos e produzem uma quantidade y de produtos.

Figura 8 - Exemplo de aplicação do modelo CCR orientação produto



Destes 4 produtores, o único eficiente, segundo esta tecnologia de produção, é C, o qual está sobre a fronteira de eficiência. Os demais produtores (A, B e D) são ineficientes; para modificar este padrão e se tornar eficientes eles terão que aumentar a sua produção.

O produtor B, por exemplo, para se tornar eficiente, segundo esta tecnologia,

mantendo a quantidade do insumo x_B , deve aumentar a quantidade produzida de y_B para $y_{B'}$. Para descobrir qual é a dimensão do aumento da produção é necessário calcular o índice de eficiência técnica do produtor. Este índice é calculado através da razão $\theta = \frac{y_{B'}}{y_B}$, onde $(\theta - 1)$ multiplicado por 100%, e o percentual de aumento da produtividade para se tornar eficiente tecnicamente. Para atingir esse aumento o produtor B deverá observar o produtor C, que é sua referência de produtividade (*benchmark*).

3.4.2 Modelo BCC Orientação Produção

A diferença entre os modelos CCR e BCC é que o modelo BCC possui uma restrição adicional de convexidade (observado no modelo dual) a saber:

$$\sum_{j=1}^J \lambda_j = 1. \quad (08)$$

Portanto, a fronteira de eficiência do modelo BCC será formada pela combinação convexa das DMUs eficientes, transformando, com isso, a tecnologia de retornos constante de escala para uma tecnologia de retornos variáveis de escala, esta alteração é realizada com a introdução da variável P no modelo.

O modelo BCC orientação produção é dado por:

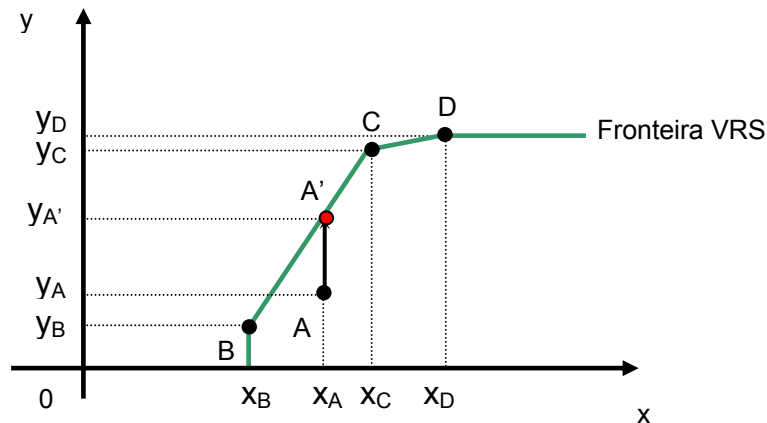
$$\begin{aligned} \text{Efic}(DMU_o) = \min \quad & \sum_{i=1}^n v_i x_{oi} + P \\ \text{s.a.:} \quad & \sum_{i=1}^n v_i x_{ji} - \sum_{k=1}^m u_k y_{jk} + P \geq 0; \quad j = 1, 2, \dots, J \\ & \sum_{k=1}^m u_k y_{ok} = 1 \\ & u_k, v_i \geq \varepsilon, \forall k, i, P \text{ livre} \end{aligned} \quad (09)$$

Para a forma dual do BCC orientação produção usam-se as mesmas mudanças de variáveis empregadas no modelo CCR. O modelo BCC dual orientação produção é:

$$\begin{aligned}
\text{Efic}(\text{DMU}_o) = \max \quad & \theta + \varepsilon \left(\sum_{k=1}^m s_k + \sum_{i=1}^n e_i \right) \\
\text{s.a.:} \quad & \theta y_{ok} - \sum_{j=1}^J \lambda_j y_{jk} + s_k = 0, \quad k = 1, 2, \dots, m \\
& \sum_{j=1}^J \lambda_j x_{ji} + e_i = x_{oi}, \quad i = 1, 2, \dots, n \\
& \sum_{j=1}^J \lambda_j = 1 \\
& \lambda_j, s_k, e_i \geq 0, \theta \text{ livre}, \forall j, k, i
\end{aligned} \tag{10}$$

Na figura 9 observa-se a superfície envoltória de dados considerando uma tecnologia de produção com retorno variável de escala (VRS) e descarte forte de produtos. Nesta figura encontram-se as DMUS (A, B, C e D), as quais consomem uma quantidade x de insumos e produzem uma quantidade y de produtos.

Figura 9 – Exemplo de aplicação do modelo BCC orientação produto



Neste caso, dos 4 produtores, o único ineficiente, segundo esta tecnologia de produção, é o produtor A, o qual não está sob a fronteira de eficiência. Os demais produtores são eficientes por pertencerem a fronteira de eficiência.

Para o produtor A se tornar eficiente, segundo esta tecnologia, mantendo a quantidade de insumos, isto é, x_A , deverá aumentar a quantidade produzida de y_A

para y_A . Ou seja, deve aumentar sua produção em $(\theta - 1) \times 100\%$, onde $\theta = \frac{y_{A'}}{y_A}$.

Para que o produtor A possa aumentar sua produtividade deverá observar os produtores B e C, que são suas referências de produtividade (*benchmarks*).

Cabe aqui salientar que dependendo da tecnologia adotada para avaliar a eficiência técnica, a fronteira de eficiência será alterada, incluindo mais ou menos produtores em sua fronteira de eficiência. No modelo CCR dos quatro produtores avaliados, apenas um deles, o produtor C, é eficiente. Já no modelo BCC ocorreu justamente o contrário: dos quatro produtores avaliados, apenas um deles, o produtor A, é ineficiente.

3.4.3 Exemplo Numérico dos Modelos CCR e BCC

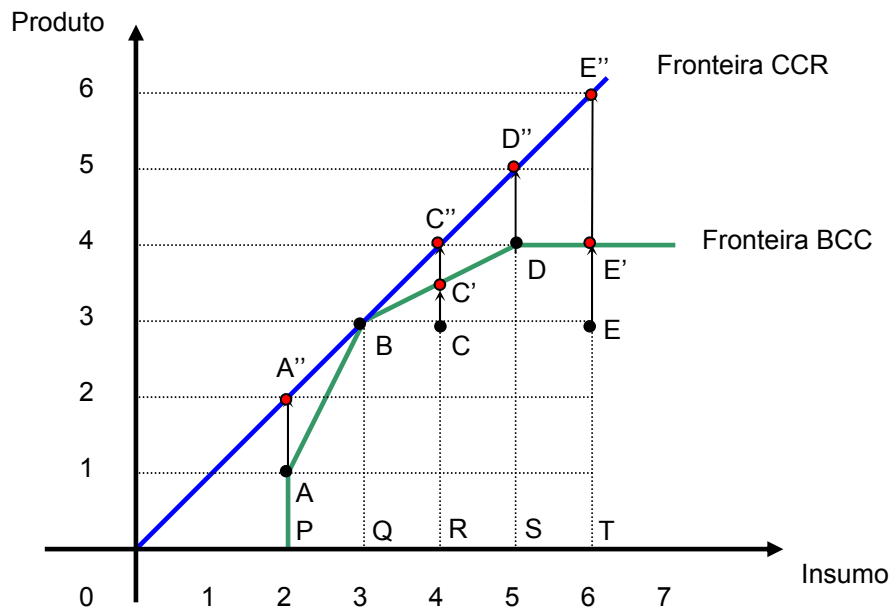
Com a intenção de ilustrar melhor os modelos CCR e BCC, será considerado um exemplo fictício com cinco DMUs, cada uma consumindo um único insumo para gerar um único produto. Os níveis de consumo, de produção, bem como os seus respectivos índices de eficiência, obtidos pela aplicação destes modelos, ambos em orientação produção, encontram-se dispostos no quadro 1.

Quadro 1 – Níveis de consumo e produção de cinco DMUs

DMU	Insumo	Produto	θ (CCR)	θ (BCC)
A	2	1	2,00	1,00
B	3	3	1,00	1,00
C	4	3	1,33	1,17
D	5	4	1,25	1,00
E	6	3	2,00	1,33

A figura 10 ilustra graficamente estas cinco DMUs, e suas projeções nas fronteiras CCR e BCC.

Figura 10 - Exemplo de aplicação dos modelos CCR e BCC



Considerando o modelo CCR, a única DMU eficiente é B, ou seja, seu índice de eficiência é igual a 1, o que pode ser calculado pela razão: $\frac{QB}{QB} = 1$; as demais DMUs (A, C, D e E) são ineficientes, pois se encontram abaixo da fronteira de eficiência CCR.

Por exemplo, para calcular a eficiência da DMU A basta efetuar a razão $\theta = \frac{PA''}{PA} = \frac{2}{1} = 2$; isso demonstra que, para A ser eficiente, deverá aumentar sua produção em $(2 - 1) \times 100\% = 100\%$; ou seja, aumentar sua produção de 1 para 2, mantendo fixo seu nível de consumo em 2. Para que a DMU A atinja este aumento, poderá observar as práticas realizadas pela DMU B, a qual é sua referência (*benchmark*).

Considerando o modelo BCC, das cinco DMUs avaliadas, apenas C e E são ineficientes; as outras DMUs (A, B e D) são eficientes, pois se encontram sobre a fronteira de eficiência.

Para a DMU E ser eficiente basta aumentar a produção em, aproximadamente, 33,33%, isto é, $\theta = \frac{TE'}{TE} = \frac{4}{3} = 1,33$ com $(1,33 - 1) \times 100\%$; logo, seu novo nível de produção deverá aumentar em 1 unidade, o que pode ser

calculado pelo produto entre o atual nível de produção e a porcentagem de aumento necessário para atingir a fronteira de produção, isto é, $3 \times 33,33\% = 1$. Portanto, a DMU E deverá aumentar sua produção de 3 para 4, observando as práticas de produção da DMU D e mantendo fixo o consumo em 6 unidades.

3.5 ÍNDICE DE MALMQUIST

O índice de Malmquist é definido em termos da razão de funções distância e se destaca por ter muitas características desejáveis. Dentre elas, pode-se destacar a de não haver necessidade da definição da função em maximização de lucro ou minimização de custos - o que pode ser de grande utilidade quando os objetivos dos produtores são diferentes, ou desconhecidos; admitir modelos com orientação insumo e também orientação produção; não haver necessidade da definição de preços dos insumos e produtos, e avaliar a performance da produtividade total dos fatores em diferentes períodos de tempo, separando os índices em variação da eficiência técnica e mudanças tecnológicas (WILHELM, 2003, p.52).

Para avaliação da performance da produtividade total dos fatores, deve-se ter em mente que existem dois tipos de indicadores de produtividade: os de produtividade parcial dos fatores (PPF) e os de produtividade total dos fatores (PTF), conforme afirma Pereira (1999).

De acordo com o mesmo autor, os indicadores PPF representam o rendimento de um fator de cada vez, ou seja, a relação do produto gerado por um único insumo. Pode-se citar, como exemplo, a quantidade de litros de leite produzidos em função do número de vacas em lactação. Estes índices apresentam algumas limitações, uma vez que não consideram todos os fatores envolvidos no processo produtivo, podendo, portanto, gerar informações distorcidas nos indicadores de produtividade.

Ainda segundo Pereira (1999), os indicadores PTF apresentam análises mais significativas, já que levam em consideração a produção total em função dos principais insumos utilizados. Pode-se citar, como exemplo, a quantidade de litros de leite gerados em função do número de vacas em lactação, da mão de obra utilizada,

da superfície útil agricultável, da área forrageira, do custo de produção, entre outros. Um dos índices de análise da PTF é o índice de Malmquist, utilizado nesta pesquisa.

Para Sueyoshi e Aoki (2001), uma característica importante do índice de produtividade de Malmquist é a capacidade de medir uma mudança em produtividade total dos fatores entre diferentes períodos e decompor este índice em eficiência técnica e mudança de tecnologia.

Sua metodologia é baseada na aplicação do algoritmo de programação linear DEA para construção de uma fronteira de produção em um determinado período t . Após, é realizado o cálculo da razão entre as distâncias de dois pontos de produção em períodos distintos, t e $t+1$, de uma mesma unidade de produção à fronteira assim construída. Por exemplo, determina-se a distância do ponto de produção do período t à fronteira do período t ; a distância do ponto de produção do período $t+1$ à fronteira do período t e calcula-se a razão entre as distâncias.

Para Marinho e Carvalho (2002), esse índice é definido usando o conceito de funções distâncias, as quais permitem descrever uma tecnologia de produção sem especificar uma função objetivo comportamental. Uma função distância pode ser definida orientada pelo insumo ou orientada pelo produto. No entanto, nesta pesquisa considera-se apenas o conceito de função distância orientada pelo produto.

Dada uma determinada tecnologia de produção S^t (lembrando que tecnologia de produção são todos os pontos (planos) viáveis de produção de uma organização) em um determinado período de tempo $t = 1, 2, \dots, T$, que transforma os insumos $x^t \in R_+^n$, em produtos, $y^t \in R_+^m$, ou seja,

$$S^t = \{(x^t, y^t): x^t \text{ pode produzir } y^t, \text{ no período } t\}. \quad (11)$$

O cálculo do índice de Malmquist é baseado em quatro funções de distância: $D_o^t(x^t, y^t)$, $D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})$, $D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})$ e $D_o^{t+1}(x^t, y^t)$, onde a função distância $D_o^t(x^t, y^t)$ utiliza dados do período t . No caso de $D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})$, a definição é feita de forma análoga, usando dados do período $t+1$. Porém, no caso da função $D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})$, são usados dados do período $t+1$ com a tecnologia existente no período t .

De acordo com Shepard (*apud* BARRETO, 2002, p.7), a função distância pode ser definida no período t , associado à unidade O , como:

$$D_o^t(x^t, y^t) = \min \left\{ \left(x^t, \frac{y^t}{\theta} \right) \in S^t \text{ com } \theta \in \mathbb{R} \right\} \quad (12)$$

onde, θ é um número real, para a orientação produção tem como objetivo a máxima expansão proporcional dos produtos, mantendo o par $\left(x^t, \frac{y^t}{\theta} \right)$ viável. A função

distância pode assumir valores menores ou iguais a 1 (um). No caso de valores menores que 1 (um) indica ineficiência na produção, isto é, o nível de produção está abaixo da fronteira de eficiência do conjunto de produção; já na situação em que a função distância assume valor igual a 1 (um), indica a eficiência na produção, isto é, que o nível de produção está na fronteira de eficiência da produção.

Definida a função distância, pode-se definir o índice de Malmquist orientação produto com base na tecnologia existente no período t , da seguinte maneira:

$$M_o^t = \frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} \quad (13)$$

Já com base na tecnologia existente no período $t+1$, a definição é alterada para:

$$M_o^{t+1} = \frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^t, y^t)} \quad (14)$$

Para evitar a difícil escolha entre qual das duas fronteiras de produção deve ser utilizada como referência para o cálculo do índice de Malmquist, Färe *et al* (1994) calculam o índice de Malmquist-DEA (M_o) através da média geométrica das

equações (13) e (14), onde o primeiro utiliza como referência a fronteira do período t e o segundo a fronteira do período t+1.

$$M_o(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \left[\frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} \times \frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (15)$$

A equação (15) pode assumir valores menores, iguais e também maiores que 1, onde um valor de M_o maior que 1 indica um crescimento ou evolução do fator de produtividade total entre os períodos t e t+1, enquanto que um valor menor que 1 indica um declínio. Já para o valor 1 indica que o fator de produtividade manteve-se inalterado.

O cálculo das distâncias mencionadas na equação (15) envolve o uso da medida CCR, ou seja:

$$D_o^t(x_o^t, y_o^t) = \frac{1}{\text{Efc}^t(\text{DMU}_o^t)} \quad (16)$$

$$D_o^{t+1}(x_o^{t+1}, y_o^{t+1}) = \frac{1}{\text{Efc}^{t+1}(\text{DMU}_o^{t+1})} \quad (17)$$

$$D_o^{t+1}(x_o^t, y_o^t) = \frac{1}{\text{Efc}^{t+1}(\text{DMU}_o^t)} \quad (18)$$

$$D_o^t(x_o^{t+1}, y_o^{t+1}) = \frac{1}{\text{Efc}^t(\text{DMU}_o^{t+1})}. \quad (19)$$

Neste caso, $\text{Efc}^{t+1}(\text{DMU}_o^{t+1})$ e $\text{Efc}^t(\text{DMU}_o^t)$ são calculados através do modelo CCR (como definido na equação 04). O índice $\text{Efc}^t(\text{DMU}_o^{t+1})$ indica quão longe está o plano de produção do período t. Se $\text{Efc}^t(\text{DMU}_o^{t+1}) < 1$, então o plano

do período $t+1$ está acima da fronteira do período t , indicando que houve progresso tecnológico e/ou melhorias de eficiência. Se $Efc^t(DMU_o^{t+1}) > 1$, então o plano do período $t+1$ está abaixo da fronteira do período t .

Se $Efc^{t+1}(DMU_o^t) < 1$, então o plano gerado no período t está acima da fronteira do período posterior, indicando que no período $t+1$ houve decréscimo de tecnologia e/ou da eficiência.

Assim tem-se que:

$$Efc^t(DMU_o^{t+1}) = \max_{\theta} \theta \quad \text{s.a.:} \quad \begin{aligned} X^t \lambda &\leq X_o^t \quad \text{e} \\ Y^t \lambda &\geq \theta Y_o^t \\ \lambda &\geq 0, \theta \in \Re \end{aligned} \quad (20)$$

$$Efc^{t+1}(DMU_o^t) = \max_{\theta} \theta \quad \text{s.a.:} \quad \begin{aligned} X^{t+1} \lambda &\leq X_o^t \\ Y^{t+1} \lambda &\geq \theta Y_o^t \\ \lambda &\geq 0, \theta \in \Re \end{aligned} \quad (21)$$

onde: X^t e X^{t+1} são as matrizes dos insumos dos períodos t e $t+1$, respectivamente;

Y^t e Y^{t+1} são as matrizes dos produtos dos períodos t e $t+1$, respectivamente;

X_o^t e X_o^{t+1} são as matrizes dos insumos da o -ésima DMU dos períodos t e $t+1$, respectivamente;

Y_o^t e Y_o^{t+1} são as matrizes dos produtos da o -ésima DMU dos períodos t e $t+1$, respectivamente.

A equação (15) pode ser dividida em duas componentes, podendo-se, com isso, distinguir a variação da eficiência técnica e as mudanças tecnológicas, transformando-a na seguinte equação:

$$M_o(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} \times \left[\frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \times \frac{D_o^t(x^t, y^t)}{D_o^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (16)$$

O primeiro fator do segundo membro:

$$\frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} \quad (17)$$

mede a variação da eficiência técnica, ou seja, a variação de quão distante a produção observada está do máximo produto potencial entre os períodos t e $t + 1$. Desta forma, é possível observar como está se comportando a eficiência técnica em relação à mudança de fronteira de produção com o decorrer do tempo e verificar se a produção da DMU está se aproximando ou se afastando da fronteira.

Enquanto o segundo fator do segundo membro:

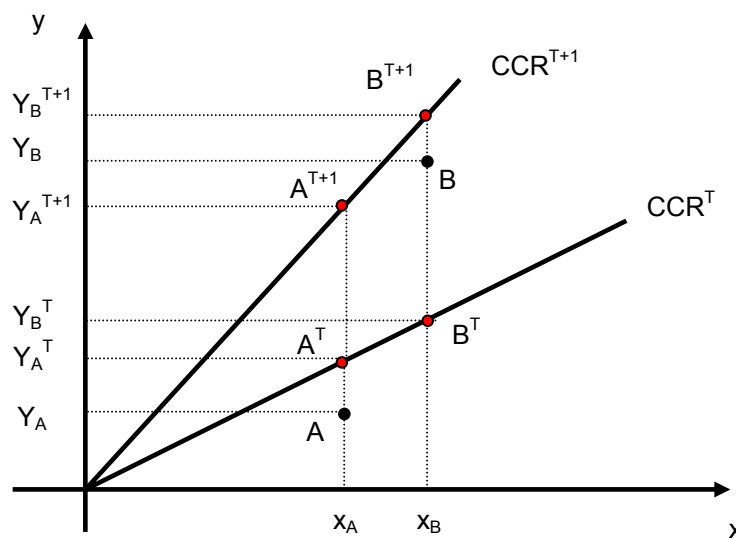
$$\left[\frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \times \frac{D_o^t(x^t, y^t)}{D_o^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (18)$$

mede o efeito da mudança técnica ou mudança de tecnologia entre os dois períodos t e $t+1$ (BARRETO *et al*, 2002, p.8).

Esta decomposição do índice de Malmquist em duas componentes fornece subsídios para uma análise das alterações nos índices de produtividade, pois, permite identificar se um aumento é fruto do progresso técnico ou da melhoria na eficiência técnica, ou ainda, dos dois fatores, simultaneamente. Por outro lado, pode-se observar uma manutenção ou queda na produtividade frente a um estado de progresso técnico quando existe uma queda que não seja proporcional no indicador de eficiência produtiva.

Para compreender melhor a situação da decomposição do índice de Malmquist em duas componentes, pode-se observar a figura 11, a qual ilustra a situação de uma DMU, em dois anos consecutivos, T e T+1, respectivamente, supondo uso de tecnologia com retornos constantes de escala com um único insumo (x) gerando um único produto (y). A é o plano de produção no período T e B é o plano de produção no período T+1 da mesma DMU.

Figura 11 – Índice de Malmquist



Nesta situação, observa-se que a DMU foi ineficiente tecnicamente em ambos os períodos, pois a produção ficou abaixo das fronteiras de eficiência CCR^T e CCR^{T+1} , respectivamente. Porém, observa-se que a DMU em T+1, utilizando insumo x_B , está acima da fronteira de eficiência do ano T (CCR^T), indicando, com isso, que houve progresso tecnológico e/ou de eficiência, ou seja, a DMU aumentou consideravelmente sua produtividade acompanhando a mudança tecnológica existente no período. Todavia, ainda é ineficiente tecnicamente, pois não atingiu a fronteira de eficiência no período T+1, indicando que existem outras DMUs que apresentam maior produtividade utilizando a mesma tecnologia.

No exemplo da figura 11, foi ilustrado um caso considerando dois períodos consecutivos. Quando ocorrem mais de dois períodos de tempo, como o desta pesquisa, o índice de Malmquist pode ser calculado para todos os períodos

mantendo-se como base o período t , isto é, $M_o(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t)$, $M_o(x^{t+2}, y^{t+2}, x^t, y^t)$, ... , $M_o(x^{T-1}, y^{T-1}, x^t, y^t)$; ou ainda, calcular os índices considerando os períodos adjacentes: $(t, t+1)$; $(t+1, t+2)$; $(t+2, t+3)$ e assim sucessivamente, até o último período (WILHELM, 2003, p.56).

3.6 CONSIDERAÇÕES

Em função da crescente competitividade e das aceleradas mudanças tecnológicas impostas às organizações, na era da globalização, a melhoria da qualidade e da produtividade dos produtos e serviços tornam-se cada vez mais necessárias, constituindo-se em fatores determinantes para a manutenção das empresas no mercado. Para que esses níveis de qualidade e eficiência possam ser alcançados e mantidos, há necessidade de adoção de processos e procedimentos que contribuam de forma significativa para a mensuração e acompanhamento dos níveis de eficiência produtiva destas empresas.

A metodologia DEA é uma técnica de programação matemática que se “ajusta bem” a estas condições, uma vez que busca avaliar a eficiência técnica relativa das organizações, caracterizando-se por classificar as organizações em eficientes e ineficientes. DEA, também, indica quais organizações servem como referência (*benchmark*) para as ineficientes, e ainda quais são os fatores de produção que devem ser alterados para que a mesma passe a ser tão eficiente quanto as *benchmarks*.

Embora não seja o único método a trabalhar com vários insumos e produtos, a utilização de DEA vem se ampliando em diversas áreas do conhecimento. Foi, inicialmente, utilizado na avaliação de escolas públicas norte-americanas; hoje, constitui-se em um dos campos de Pesquisa Operacional, com grande número de trabalhos científicos apresentados em congressos e publicados em artigos, trazendo contribuições importantes ao campo das medidas quantitativas de desempenho, o que leva a crer que sua metodologia traz mais vantagens do que as possíveis críticas e limitações de uso que possam existir.

No capítulo a seguir será apresentada a metodologia de avaliação da eficiência técnica de produtores de leite do Projeto Vitória utilizando a metodologia DEA. Os modelos propostos serão aplicados na avaliação de um conjunto de dezoito produtores de leite que integram o Projeto, considerando a produção de 1999 a 2002.

4 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA, DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS DA PESQUISA

Este capítulo tem por objetivo descrever a aplicação de modelos DEA (desenvolvidos no capítulo anterior) na avaliação da eficiência técnica e de produtividade de 18 produtores de leite. Estes produtores participam do Projeto Vitória e a avaliação abrange o período de 1999 a 2002.

Os resultados obtidos indicam que os esforços dos extensionistas da EMATER junto aos produtores surtiram efeitos positivos. Ou seja, DEA detectou que ocorreram aumentos significativos na produtividade dos produtores, indicando que os objetivos do projeto estão sendo atingidos.

4.1 IDENTIFICAÇÃO DAS DMUS

A aplicação dos modelos DEA requer a escolha de DMUs que sejam homogêneas. Com o intuito de esclarecer o leitor, nesta pesquisa as DMUs são os produtores de leite que participam do Projeto Vitória, entendendo-se por homogêneos os produtores que realizam as mesmas tarefas, possuem os mesmos objetivos, trabalham com as mesmas condições de mercado e com as mesmas variáveis, diferenciando-se apenas em relação à intensidade ou magnitude da produção.

Após o levantamento de dados junto à EMATER, observou-se que 18 produtores de leite são homogêneos e possuem os dados de suas produções cadastrados num período de quatro anos consecutivos, de 1999 a 2002. Estes produtores fazem parte do Projeto Vitória, o qual abrange a região norte e nordeste do estado do Paraná, e são acompanhados pelos extensionistas da EMATER-PR com a finalidade de gerar subsídios para incrementar a produtividade da produção de leite daquela região.

4.2 IDENTIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS DO MODELO

As variáveis do modelo são representadas pelos insumos e os produtos que melhor representam os produtores, entendendo-se como insumos todos os recursos utilizados pelo produtor para gerar os produtos; estes, por sua vez, podem ser definidos como o resultado de bens e serviços gerados pelos produtores.

Esta fase pode se considerada uma das fases mais importantes da implementação da metodologia, pois, como mencionado anteriormente, estas variáveis devem ser as que melhor representam o grupo de produtores, sendo que uma escolha inapropriada pode gerar resultados que não condizem com a realidade daqueles produtores.

A escolha das variáveis pode ser feita de dois modos, conforme visto no capítulo anterior: utilizando-se a opinião do interessado ou especialista, que leva em consideração se a variável está considerando uma informação necessária que não tenha sido incluída em outras variáveis, se a variável está relacionada ou contribuindo para um ou mais objetivos da aplicação, se os dados das variáveis são confiáveis e seguros e, por fim, se explicam a eficiência dos produtores; o outro modo é a utilização de análise de correlação, isto é, uma técnica estatística para a seleção destas variáveis.

Nesta pesquisa, optou-se por levar em consideração a opinião dos especialistas que trabalham diretamente com os produtores do Projeto Vitória, uma vez que os mesmos conhecem a realidade de todos os produtores envolvidos no projeto. Além da opinião dos especialistas, foi realizada consulta em referencial teórico pertinente à área.

Quanto ao número de variáveis escolhidas para a aplicação dos modelos, levou-se em consideração que, a metodologia aplicada fornece melhores resultados quando o número de produtores a serem avaliados é, para alguns autores, de, no mínimo, três vezes a soma dos produtos e insumos incluídos na especificação. Assim, como foram obtidos os dados de 18 produtores, para que esta proporção fosse mantida, limitou-se o número de variáveis em 6.

De acordo com esse levantamento junto aos especialistas, efetuou-se um levantamento das variáveis comuns cadastradas para estes 18 produtores, destas,

optou-se pelas variáveis discriminadas a seguir, pois entendeu-se que estas influenciam de forma significativa na produção leiteira.

- **Insumos:**

- **Área Forrageira – A. F.** (ha): área da propriedade, em hectare, utilizada para forragens e pastagens;
- **Número de Vacas em Lactação – N. V. L.** (cabeças): quantidade média de vacas em lactação por ano;
- **Total de Animais do Rebanho – T. A. R.** (cabeças): número médio de animais do rebanho no ano, incluindo touros, novilhos e matrizes;
- **Mão-de-obra – M. O.** (homens): número médio de trabalhadores utilizados na atividade leiteira no ano, considerando-se mão-de-obra contratada ou familiar;
- **Custo Total – C. T.** (R\$/ano): a variável indica os gastos da propriedade com a atividade leiteira em um ano, em reais, representados por manutenção de pastagens, manutenção de capineiras, forragens anuais, feno, silagem, rações e concentrados, minerais, vacinas e medicamentos, material para ordenha, higiene e limpeza, inseminação artificial, energia e combustíveis, transporte do leite, taxas e impostos, manutenção de máquinas e equipamentos, manutenção de benfeitorias e instalações, leite dado aos bezerros, depreciação de benfeitorias, depreciação de máquinas, depreciação de produção de volumosos e depreciação de animais de produção e outras despesas eventuais.

- **Produto:**

- **Receitas** (R\$/ano): a variável indica os ganhos, em reais, da propriedade com a atividade leiteira, seja com a venda do leite, com a venda de animais ou outras atividades associadas ao negócio, em um ano.

A coleta dos dados utilizados nesta pesquisa foi solicitada por meio de um ofício e um projeto do autor junto à EMATER no estado do Paraná, em nome do Sr. Robson José Curty. Concedida a autorização, os contatos posteriores foram

realizados por intermédio dos Srs. Odílio Sepulcre, Diniz de Oliveira, Paulo Tadatoshi Hiroki e Sidnei Aparecido Baroni, sendo este último o autor das planilhas de custo financeiro e Paulo o médico veterinário.

O resumo das quantidades dos insumos e do produto encontra-se nas tabelas 6, 7, 8 e 9.

Tabela 6 – Insumos e produto do ano de 1999

DMU	A. F.	N. V. L.	T. A. R.	M. O.	C. T.	RECEITAS
01	28,20	23	50	1	5.187,85	15.406,23
02	6,50	17	32	2	20.396,73	20.607,33
03	9,80	31	54	2	18.123,10	22.385,22
04	11,70	18	34	2	23.171,34	26.876,38
05	23,60	17	34	2	6.101,11	7.260,89
06	29,54	28	70	2	9.573,86	10.434,93
07	124,68	110	253	3	28.841,62	63.620,61
08	12,89	12	22	2	12.256,21	13.329,18
09	24,20	17	43	2	13.550,63	14.130,65
10	27,70	61	94	3	59.212,03	80.207,51
11	37,33	55	111	2	42.109,86	59.782,52
12	12,10	32	105	2	8.111,41	9.872,35
13	53,00	13	33	2	20.870,93	9.389,56
14	4,69	12	22	1	4.357,44	7.911,20
15	18,23	20	45	2	5.197,85	10.801,22
16	13,17	11	21	2	3.369,11	2.633,54
17	32,58	33	80	2	39.116,56	49.639,85
18	35,87	20	64	2	5.931,85	5.567,37

Cabe aqui, uma observação em relação ao produtor 13, o qual apresenta um custo total de R\$ 20.870,93 e uma receita total de R\$ 9.389,56. Surpreendentemente esta informação está correta, pois, de acordo com informações dos gestores do Projeto Vitória¹⁶, o produtor estava em fase de implantação da leiteria, contando com um rebanho desequilibrado em relação à produção de leite. Foram feitos ajustes no sistema de alimentação e nutrição do rebanho, não tendo sido vendido nenhum animal naquele ano, o que justificaria um custo bem superior à receita.

¹⁶ Estas informações foram obtidas por meio de contatos telefônicos e por emails.

Tabela 7 – Insumos e produto do ano de 2000

DMU	A. F.	N. V. L.	T. A. R.	M. O.	C. T.	RECEITAS
01	28,20	24	62	2	11.725,66	18.198,77
02	6,50	17	32	2	30.981,46	39.666,03
03	9,80	31	54	2	24.598,69	33.098,84
04	11,70	18	34	2	15.888,64	33.426,71
05	23,60	26	54	2	7.598,99	10.276,20
06	29,54	28	70	2	17.116,00	13.922,71
07	124,68	85	228	3	41.350,02	82.129,77
08	11,00	13	22	2	16.816,99	20.688,06
09	24,20	37	76	2	18.522,49	20.267,46
10	27,70	61	94	3	69.789,65	101.220,66
11	37,33	55	111	2	44.951,13	76.848,59
12	12,10	32	105	2	6.447,10	16.972,35
13	53,00	13	33	2	14.574,62	24.754,01
14	4,69	12	22	1	3.771,30	7.200,42
15	18,23	20	45	2	8.239,60	17.825,50
16	13,17	11	21	2	2.589,66	5.067,89
17	32,58	33	80	2	54.394,43	66.350,20
18	35,87	20	64	1	6.867,96	5.127,96

Tabela 8 – Insumos e produto do ano de 2001

DMU	A. F.	N. V. L.	T. A. R.	M. O.	C. T.	O. R.
01	28,20	29	69	2	10.664,96	22.149,14
02	12,68	17	26	2	35.814,29	45.032,32
03	9,80	31	41	2	16.192,14	25.987,51
04	11,70	27	43	2	32.015,43	35.134,60
05	23,60	26	59	2	11.291,00	12.567,70
06	29,54	28	77	2	25.372,14	24.538,44
07	124,68	87	235	3	66.939,28	90.291,00
08	12,89	12	22	2	14.156,70	16.239,08
09	24,20	37	76	2	10.014,32	26.190,98
10	27,70	61	94	3	55.306,79	93.786,89
11	37,33	46	86	2	45.262,61	63.753,42
12	12,10	19	68	2	6.907,84	14.478,11
13	53,00	13	35	2	18.685,79	24.910,78
14	4,69	11	21	2	3.688,28	6.384,64
15	18,23	20	43	2	5.974,92	28.200,02

(continuação tabela 8)

DMU	A. F.	N. V. L.	T. A. R.	M. O.	C. T.	O. R.
16	13,17	11	21	2	4.273,20	4.212,50
17	32,58	33	80	2	56.567,55	64.753,76
18	35,87	19	72	1	5.244,67	13.298,54

Tabela 9 – Insumos e produto do ano de 2002

DMU	A. F.	N. V. L.	T. A. R.	M. O.	C. T.	RECEITAS
01	28,20	29	69	2	10.852,21	25.186,31
02	12,68	33	50	2	37.117,67	52.233,00
03	17,75	23	39	1	23.318,36	28.644,31
04	32,54	35	68	2	42.021,32	48.901,36
05	23,60	26	54	2	11.776,68	14.948,11
06	29,54	28	77	2	18.787,94	31.286,05
07	124,68	88	241	3	80.364,90	123.015,21
08	12,89	20	27	2	10.498,91	24.914,45
09	24,20	37	76	2	15.324,24	20.035,41
10	27,70	55	70	2	64.911,61	100.874,45
11	37,37	48	89	2	57.591,84	85.225,19
12	12,10	21	61	2	6.656,74	11.309,58
13	53,00	31	79	2	18.776,91	34.752,53
14	4,69	12	21	1	4.046,25	6.253,06
15	18,23	24	47	2	5.895,81	31.644,02
16	13,17	14	33	2	6.014,31	3.456,56
17	32,58	33	80	2	56.399,00	96.146,06
18	23,77	24	49	1	7.619,73	17.448,89

4.3 IDENTIFICAÇÃO DO MODELO

Após a seleção das variáveis utilizadas no modelo, a próxima etapa foi definir o modelo DEA a ser utilizado. Para a aplicação do modelo, a escolha irá depender dos dados disponíveis e da sensibilidade do decisor, o qual deverá ser capaz de escolher aquele que traduza a realidade dos dados em termos de insumos e produtos.

Para definir o modelo que representa melhor a tecnologia de produção, há necessidade de fazer algumas opções em relação à sua orientação, ao tipo de retorno de escala e quanto ao tipo de descarte, entendendo-se como tecnologia de

produção a forma pela qual o produtor transforma seus insumos em produtos.

A metodologia DEA apresenta três opções em relação à orientação dos modelos para que se possa atingir o objetivo proposto. Se a escolha for orientação insumos, isto irá indicar que o objetivo será o de reduzir os insumos sem alterar o nível dos atuais produtos; por outro lado, se a escolha for orientação produto, o objetivo passa a ser o de aumentar os produtos mantendo-se fixo o nível de insumos; e a terceira escolha é a orientação insumo-produto, que refere-se à junção dos dois modelos anteriores, ou seja, aumentar ao máximo a produção diminuindo ao mínimo os insumos.

No caso específico dos produtores de leite do Projeto Vitória considerou-se desfavorável a utilização do modelo orientação insumo, pois a grande maioria não almeja reduzir seus insumos, principalmente no que diz respeito à área agricultável. Um dos principais objetivos é aumentar a sua produção, buscando, com isso, o aumento de sua renda; portanto, a escolha foi pelo modelo DEA orientação produção.

Após a escolha da orientação, fazem-se necessárias mais duas escolhas em relação ao retorno de escala e ao tipo de descarte. Quanto ao retorno de escala, que é a relação entre insumos e produtos, nos modelos DEA encontram-se quatro possibilidades de retornos: retornos constantes de escala (CRS ou CCR), retornos não crescentes de escala (NIRS), retornos não decrescentes de escala (NDRS) e retornos variáveis de escala (VRS ou BCC). Optou-se pelo modelo CRS, o que significa dizer que os insumos aumentam ou diminuem numa mesma proporção que os produtos, o que, por sua vez, deixa uma quantidade menor de produtores na fronteira de eficiência, considerando-se os outros modelos da metodologia DEA. Outro motivo que levou a adoção deste modelo é que no cálculo do índice de Malmquist supõe-se retornos constantes de escala¹⁷ (CAVES *et al*, 1982).

Em relação ao tipo de descarte, fraco ou forte, a escolha foi pelo descarte forte, o que indica que a combinação dos fatores de produção para alterar as proporções entre insumos e produtos utilizados numa tecnologia de produção possibilita a redução de um produto (insumo), sem que isso implique na redução dos demais produtos (insumos).

¹⁷ O índice de Malmquist foi definido por CAVES, CHRISTENSEN, DIEWERT em 1982, considerando retorno constante de escala.

Estas foram, portanto, as variáveis consideradas para determinação do modelo a ser adotado para análise da eficiência técnica dos produtores de leite do Projeto Vitória. O modelo DEA CCR permite retornos constantes de escala com orientação produção, cujo objetivo é aumentar ao máximo a produção mantendo fixos os insumos com descarte forte dos produtos.

4.4 ANÁLISE DA EFICIÊNCIA TÉCNICA

Conforme visto no capítulo 3 desta pesquisa, os conceitos de dualidade são fundamentais à compreensão e interpretações complementares, pois, em geral, a implementação dos modelos DEA é feita utilizando-se os modelos duais. A seguir, pode ser observado o modelo CCR dual orientação produção com suas variáveis de folga, o qual foi aplicado para calcular as eficiências dos 18 produtores do Projeto Vitória.

Cabe salientar que o modelo (25) é resolvido 18 vezes, ou seja, uma vez para cada produtor, gerando, com isso, 18 valores ótimos, sendo também um para cada produtor.

$$\begin{aligned}
 \text{Efic (DMU}_o) = \max \quad & \theta_o + \varepsilon \left(s + \sum_{i=1}^5 e_i \right) \\
 \text{s.a.:} \quad & \theta_o y_o - \sum_{j=1}^{18} \lambda_j y_j + s = 0 \\
 & \sum_{j=1}^{18} \lambda_j x_{ji} + e_i = x_{oi}, \quad i = 1, 2, 3, 4, 5 \\
 & \lambda_j, s, e_i \geq 0, \theta_o \in \mathbb{R}, \forall j, i
 \end{aligned}
 \tag{25}$$

onde: $\varepsilon > 0$ - um número não arquimediato¹⁸;

Efic. (DMU_o) - taxa de eficiência técnica da o-ésimo produtor;

y_o - receita produzida pelo o-ésimo produtor;

x_{oi} - quantidade de insumo i do o-ésimo produtor;

y_j - receita observada do j-ésimo produtor;

¹⁸ $\varepsilon = 10^{-6}$.

- x_{ji} - quantidade de insumo observado j do i -ésimo produtor;
- θ_o - expansão máxima do vetor de produto receita do o -ésimo produtor;
- s - variável de folga do produto receita;
- e_i - variável de folga do insumo i ;
- λ_j - variável de decisão (conjunto de referências) da j -ésima DMU.

Na solução ótima do problema de programação linear (25), obtém-se como resultados o índice de eficiência técnica (θ_o), as variáveis de folga dos insumos (e_i) e do produto (s), os preços virtuais dos insumos e produto (v_i e u_r) e os produtores referência (λ_j).

Desta solução ótima tem-se as seguintes possibilidades em relação à eficiência dos produtores:

- se, $\theta_o = 1$, $e_i = 0$ com $i = 1, 2, 3, 4, 5$ e $s = 0$, então o produtor foi eficiente tecnicamente;
- se, $\theta_o = 1$ e existir algum $e_i \neq 0$ com $i = 1, 2, 3, 4, 5$ e/ou $s \neq 0$, então o produtor foi ineficiente tecnicamente;
- se, $\theta_o > 1$, então o produtor também foi avaliado como ineficiente tecnicamente.

É importante ressaltar que a metodologia DEA tem por finalidade medir a eficiência relativa de um conjunto de produtores relacionado com os seus fatores de produção, isto é, quantidade de insumos e produtos utilizados, o que não indica que um produtor classificado como eficiente tecnicamente não possa, talvez, melhorar seu processo produtivo, já que sua eficiência é classificada somente em relação ao conjunto de produtores avaliados.

Para uma primeira análise da eficiência técnica foi elaborada a tabela 10, que contem os índices de eficiência nos 4 anos. Desta tabela observa-se que 3 foram eficientes tecnicamente e permaneceram eficientes ao longo dos quatro anos de análise, os produtores 2, 10 e 17. Ou seja, obtiveram seu índice de eficiência igual a 1 com as variáveis de folga iguais a zero.

Tabela 10 – Índices de eficiência técnica

PRODUTOR	ANO			
	1999	2000	2001	2002
01	1.00	1.43	1.51	1.51
02	1.00	1.00	1.00	1.00
03	1.14	1.16	1.13	1.46
04	1.00	1.00	1.18	1.57
05	1.81	1.69	2.71	2.62
06	2.04	2.57	1.88	1.54
07	1.00	1.00	1.06	1.13
08	1.22	1.21	1.48	1.01
09	1.40	1.88	1.25	2.18
10	1.00	1.00	1.00	1.00
11	1.00	1.00	1.00	1.14
12	1.58	1.00	1.52	2.09
13	2.08	1.04	1.14	1.38
14	1.00	1.17	1.51	1.68
15	1.18	1.03	1.00	1.00
16	2.93	1.19	3.55	6.15
17	1.00	1.00	1.00	1.00
18	2.63	2.93	1.25	1.25

Para que um produtor ineficiente se torne eficiente tecnicamente, deverá aumentar a quantidade produzida em $[Efic(DMU)-1] \times 100\%$ e deduzir as folgas dos insumos.

O produtor 9, por exemplo, no ano de 1999 obteve um índice de 1,40, isto representa que o mesmo está produzindo com um déficit de 40% em relação aos produtores eficientes. No ano de 2000, o mesmo produtor, aumentou seu índice de ineficiência para 1,88, ou seja, 88% abaixo dos produtores *benchmarks*. Em contato com os gestores do Projeto Vitória¹⁹ a informação obtida foi que o produtor aumentou o número de vacas em lactação e do rebanho por meio de aquisições de novilhas, o que pode ser confirmado nos dados constantes das tabelas 6 e 7. Este produtor também mudou o sistema de produção com aumento de pastos e adubação das pastagens e construiu novas instalações em 2000. Os próximos índices atingidos pelo produtor 9 nos anos de 2001 e 2002 foram de 1,25 e 2,18, respectivamente, o

¹⁹ Estas informações foram obtidas por meio de contatos telefônicos e por emails.

que representa que no ano de 2001 o mesmo esteve mais próximo do nível ótimo atingido pelos produtores.

Para uma análise mais detalhada foram elaboradas 4 tabelas 11, 12, 13 e 14, as quais apresentam resultados da aplicação do modelo DEA-CCR orientação produção nos períodos de 1999 a 2002. Estas tabelas contem os produtores e suas referências (*benchmarks*) classificados em 3 intervalos de eficiência.

Tabela 11 – Intervalo de eficiências e os benchmarks em 1999

$1 < \theta_o \leq 1,5$		$1,5 < \theta_o \leq 2,0$		$\theta_o > 2,0$	
Produtores	<i>Benchmarks</i>	Produtores	<i>Benchmarks</i>	Produtores	<i>Benchmarks</i>
03	10, 14	05	01, 10	06	01, 10, 14
08	01, 10, 17	12	01, 14	13	17
09	01, 17			16	01, 10
15	01, 14			18	01, 17
TOTAL	04	TOTAL	02	TOTAL	04

Em 1999, 8 produtores foram eficientes tecnicamente, ou seja, tiveram grau de eficiência igual a 1 e variáveis de folga iguais a 0, a saber, os produtores 01, 02, 04, 07, 10, 11, 14 e 17. Dos 18 produtores 10 operaram ineficientemente, dentre os quais, 04 apresentaram grau de ineficiência compreendido entre 0 e 50%, 2 com graus de ineficiência entre 50 e 100% e 4 com grau de ineficiência acima de 100%. Ao lado de cada produtor são apresentados seus *benchmarks*, isto é, em quais produtores devem se espelhar para se tornar tão eficientes quanto os classificados como tal. Esses produtores *benchmarks* são os que mais se aproximam da realidade do produtor avaliado no que diz respeito à quantidade de insumos utilizados, já que o modelo se propõem a manter a quantidade de insumos e aumentar o máximo a quantidade de receita produzida. O produtor 03, por exemplo, apresentou grau de ineficiência entre 0 e 50%, devendo observar os procedimentos dos produtores 10 e 14 para aumentar sua produtividade e melhorar o índice de eficiência técnica.

Tabela 12 – Intervalo de eficiências e os benchmarks em 2000

$1 < \theta_o \leq 1,5$		$1,5 < \theta_o \leq 2,0$		$\theta_o > 2,0$	
Produtores	Benchmarks	Produtores	Benchmarks	Produtores	Benchmarks
01	04, 12	05	04, 12	06	04, 07, 12
03	02, 04, 10	09	04, 07, 11	18	04, 07, 12
08	02, 04				
13	02, 04				
14	04, 12				
15	04, 12				
16	04, 12				
TOTAL	07	TOTAL	02	TOTAL	02

Considerando 2000, percebe-se que não houve grande alteração no quadro de eficiências, pois, dos 18 produtores, 7 foram eficientes tecnicamente (02, 04, 07, 10, 11, 12 e 17), 7 obtiveram grau de ineficiência compreendida entre 0 e 50%, 2 com grau de ineficiência compreendida entre 50 e 100% e outros 2 ficaram com o seu grau de ineficiência técnica acima de 100%.

Tabela 13 – Intervalo de eficiências e os benchmarks em 2001

$1 < \theta_o \leq 1,5$		$1,5 < \theta_o \leq 2,0$		$\theta_o > 2,0$	
Produtores	Benchmarks	Produtores	Benchmarks	Produtores	Benchmarks
03	10, 15	01	10, 15	05	10, 15
04	02, 10	06	02, 10, 15	16	02, 15
07	10, 11	12	10, 15		
08	02, 15	14	10, 15		
09	10, 15				
13	02, 15				
18	15, 17				
TOTAL	07	TOTAL	04	TOTAL	02

Em 2001 ocorreu ligeira redução do número de produtores eficientes tecnicamente (de 7 para 5); entretanto, o número de produtores com grau de ineficiência entre 0 e 50% manteve-se em 7; já o número de produtores com o grau de ineficiência acima de 100% cresceu de 2 para 4. O número de produtores que

necessitam aumentar acima de 100% a produção de leite para se tornarem eficientes tecnicamente manteve-se em 2.

Tabela 14 – Intervalo de eficiências e os benchmarks em 2002

$1 < \theta_o \leq 1,5$		$1,5 < \theta_o \leq 2,0$		$\theta_o > 2,0$	
Produtores	BENCHMARKS	Produtores	Benchmarks	Produtores	Benchmarks
03	15, 17	01	15, 17	05	15, 17
07	15, 17	04	10, 15, 17	09	15, 17
08	10, 15	06	15, 17	12	10, 15
11	10, 17	14	10, 15	16	15, 17
13	15, 17				
18	15, 17				
TOTAL	06	TOTAL	04	TOTAL	04

Em 2002, novamente é percebida uma ligeira alteração em relação ao ano anterior no quadro de eficiências: dos 18 produtores avaliados, 4 são eficientes tecnicamente (02, 10, 15 e 17), tendo uma redução de um produtor nesta faixa de ineficiência; 6 devem melhorar seu nível de produção entre 0 e 50%; 4 produtores ficaram com o grau de ineficiência de 50 e 100%, havendo, também, 4 produtores com grau de ineficiência acima de 100%, sendo que este número cresceu de 2 para 4.

Das tabelas 11, 12, 13 e 14 observa-se que alguns produtores mudaram de faixa em relação à eficiência técnica obtida. Essas mudanças de faixa de eficiência encontram-se ilustradas no quadro 2, o qual percebe-se, com maior clareza, os produtores que migraram de faixa durante os quatro anos de análise.

Quadro 2 – Mudança de faixa de eficiência

Produtor	1999	2000	2001	2002
02	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0,00	0,00	0,00	0,00
17	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,00	0,00	0,00	0,14
07	0,00	0,00	0,06	0,13
04	0,00	0,00	0,18	0,57
01	0,00	0,43	0,51	0,51
14	0,00	0,17	0,51	0,68
03	0,14	0,16	0,13	0,46
15	0,18	0,03	0,00	0,00
08	0,22	0,21	0,48	0,01
09	0,40	0,88	0,25	1,18
12	0,58	0,00	0,52	1,09
05	0,81	0,69	1,71	1,62
06	1,04	1,57	0,88	0,54
13	1,08	0,04	0,14	0,38
18	1,63	1,93	0,25	0,25
16	1,93	0,19	2,55	5,15

No quadro 2 as células em verde indicam os produtores eficientes; as de cor azul os produtores com ineficiências médias abaixo de 50%; as de cor amarela os produtores com ineficiências médias entre 50% e 100%; as células preenchidas com cor vermelha indicam ineficiências acima de 100%, por exemplo, o produtor 16 em 1999 atingir um índice de 1,93 o que representa que o mesmo deve aumentar sua produtividade em 193% para se tornar eficiente tecnicamente.

Quadro 3 – Média das eficiências

	1999	2000	2001	2002
Todas as DMUs	0,45	0,35	0,45	0,71
$1 < \theta_o \leq 1,5$	0,24	0,18	0,21	0,23
$1,5 < \theta_o \leq 2,0$	0,70	0,79	0,61	0,58
$\theta_o > 2,0$	1,42	1,75	2,13	2,26

No quadro 3 as células em cinza indicam as médias das ineficiências dos 18 produtores; as de cor azul indicam as médias das ineficiências dos produtores com índices de ineficiências abaixo de 50%; as de cor amarela indicam as médias das ineficiências dos produtores com índices de ineficiências entre 50% e 100%; as células preenchidas com cor vermelha indicam as médias das ineficiências dos produtores com índices acima de 100%.

Do quadro 3 verifica-se de 1999 a 2000 a ineficiência média total diminuiu significativamente. Porém de 2001 a 2002 ocorreu o “oposto”. Esta piora no desempenho é justificada por um período de seca que atingiu boa parte da região abrangida pelo Projeto Vitória, ou seja, DEA detectou algo que os extensionistas já conheciam.

Observando a queda de ineficiência ocorrida de 1999 até 2001 (para as faixas de $1 < \theta_o \leq 1,5$ e $1,5 < \theta_o \leq 2,0$, que envolve a maioria dos produtores ineficientes), verifica-se que os esforços dependidos pela EMATER na orientação dos produtores surtiu efeitos benéficos. Ou seja, para a grande maioria dos produtores, o trabalho da EMATER levou a ganhos significativos de eficiência.

A última linha do quadro 3 leva a conclusão de que ou alguns produtores (destacando os produtores 05 e 16) não seguiram as orientações dos extensionistas, ou algum fator não incluído nesta análise levou uma queda significativa de eficiência, ou ainda, que outros produtores tenham progredido mais que estes. Portanto, não significa, necessariamente, que estes produtores “pioraram” seu processo produtivo.

No quadro 4 encontram-se as médias das eficiências desconsiderando os 2 produtores mais ineficientes de cada ano.

Quadro 4 – Média de algumas eficiências

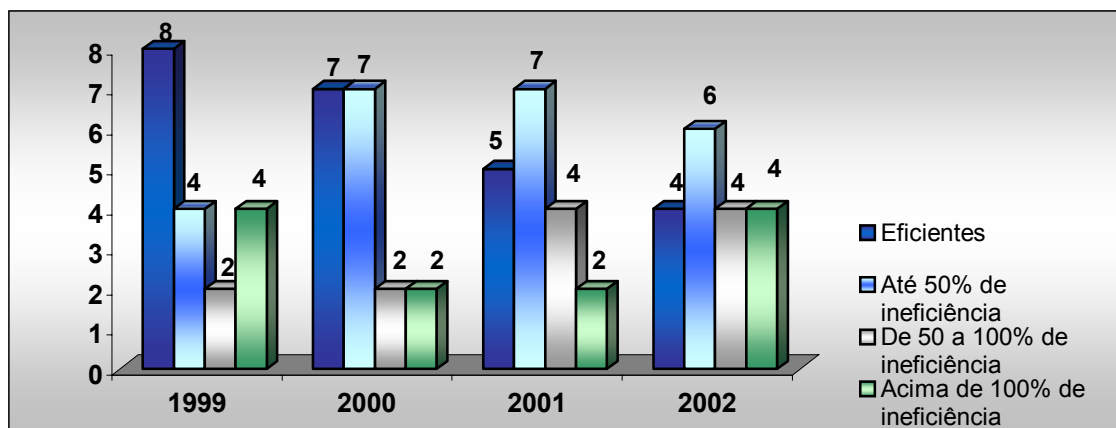
	1999	2000	2001	2002
Algumas DMUs	0,28	0,18	0,24	0,37
$1 < \theta_o \leq 1,5$	0,24	0,18	0,21	0,23
$1,5 < \theta_o \leq 2,0$	0,70	0,79	0,61	0,58
$\theta_o > 2,0$	1,06	0,00	0,00	1,14

Excluindo os 2 produtores mais ineficientes de cada ano, verifica-se que os índices médios diminuem consideravelmente e entre período de 1999 a 2002 as 4 faixas de ineficiências apresentam melhora, o que ressalta mais os benefícios proporcionados pelo Projeto Vitória para a região. O ano de 2002 foi prejudicado pela seca na região, embora seus índices não ficaram muito abaixo do ano anterior.

Através desta análise, verifica-se que o trabalho da EMATER vem surtindo efeitos positivos junto aos produtores de leite daquela região, pois, apesar dos problemas climáticos (seca), os produtores que demonstram um maior interesse na pecuária leiteira vêm conseguindo reduzir seus índices de ineficiência de forma significativa.

A figura 12 ilustra o número de produtores dos intervalos de eficiências consideradas.

Figura 12 – Intervalos de eficiências dos produtores



O número de produtores eficientes tecnicamente reduziu pela metade de 1999 a 2002, ou seja, diminuiu de 8 para 4, o que não significa necessariamente que os produtores que deixaram de ser eficientes reduziram sua produtividade, pois o índice de eficiência técnica calculada pelo DEA é um índice de eficiência relativa. Se algum(ns) produtor(es) eficiente(s) ou não, melhorou(aram) significativamente a eficiência técnica e os demais não “acompanharam esse ritmo de evolução”, este(s) último(s) passou(am) a ser ineficiente(s).

Da figura 10 observa-se uma tendência de equilíbrio no índice de eficiência dos produtores. Em 1999 verifica-se uma grande disparidade desses índices; já em 2002 há um certo equilíbrio.

Observando os resultados do quadro 2 e da figura 10, fica claro que os índices de eficiência técnica vêm sofrendo alterações constantes ao longo destes 4 anos de análise. Para compreender melhor estes índices faz-se necessário analisar a produtividade destes produtores, o que pode ser feito através do índice de Malmquist, o qual separa as mudanças de produtividade em variações da eficiência técnica e mudança de tecnologia.

4.5 ANÁLISE DO ÍNDICE DE MALMQUIST

O Índice de Malmquist avalia os índices de produtividade em diferentes períodos de tempo, decompondo-os em sub-índices que refletem variação da eficiência técnica e mudanças tecnológicas.

Esta decomposição do índice de Malmquist contribui para uma análise das alterações nos índices de produtividade, pois permite identificar se um aumento é fruto do progresso técnico ou da melhoria na eficiência técnica, ou ainda, dos dois simultaneamente.

Antes de detalhar os resultados, é importante salientar que a produção do setor agropecuário é sensível a fatores externos, como o clima, por exemplo. Como consequência deste fato, uma análise também fica sujeita à influência desses fatores, os quais podem gerar resultados adversos.

A tabela 15 contém os índices de Malmquist para os diferentes períodos. A primeira coluna indica a alteração na produtividade no período de 1999 a 2000; a segunda coluna indica a alteração na produtividade no período de 2000 a 2001; a terceira coluna indica a alteração na produtividade no período de 2001 a 2002; enquanto a quarta coluna indica a alteração na produtividade no período de 1999 a 2002.

Tabela 15 – Índice de Malmquist

DMU	1999-2000	2000-2001	2001-2002	1999-2002
01	0,68	1,29	1,13	0,95
02	1,66	0,90	0,95	1,34
03	1,27	0,95	0,89	1,06
04	1,43	0,75	0,89	0,95
05	1,08	0,96	1,17	1,26
06	0,91	1,45	1,45	2,21
07	1,04	0,84	1,27	1,18
08	1,40	0,85	1,56	1,82
09	1,00	1,88	0,65	1,04
10	1,20	1,00	1,25	1,49
11	1,25	0,87	1,22	1,31
12	2,03	0,87	0,79	1,27
13	2,85	0,92	0,96	2,56
14	1,03	0,90	0,94	0,83
15	1,20	1,88	1,05	2,58
16	2,28	0,60	0,59	0,89
17	1,25	0,97	1,49	1,70
18	0,88	3,04	1,13	3,27

De acordo com a tabela 15, pode-se observar, no período de 1999 a 2002, o aumento de produtividade que ocorreu em, aproximadamente, 78% dos produtores, ou seja, dos 18 produtores avaliados 14 conseguiram índices acima de 1. Dos 4 produtores que reduziram a produtividade, dois deles (01 e 04), tiveram uma ligeira redução (5%), os outros dois (14 e 16) atingiram uma redução de 17% e 11%, respectivamente.

Dos produtores que apresentaram acréscimo na produtividade ficam em destaque os produtores 06, 13 e 18, os quais alcançaram um acréscimo acima de 100% nestes 4 anos, com índices de 121%, 156% e 227%, respectivamente.

Os aumentos de produtividade ocorreram para quase a totalidade dos produtores apesar das quedas de eficiências significativas, em alguns casos. Isto ressalta ainda mais a importância dos programas de acompanhamento e orientação dos produtores rurais desenvolvidos pela EMATER.

Observando os resultados da tabela 15, surgem alguns questionamentos: o que levou a alteração na produtividade destes produtores? Quais os fatores preponderantes que levaram a acréscimos e decréscimos de produtividade?

A decomposição do índice de Malmquist responde parte destas questões através da decomposição do índice em variação da eficiência técnica e mudança de tecnologia. As variações da eficiência técnica que ocorreram nos 4 anos de análise podem ser observadas na tabela 16.

Tabela 16 – Variação da eficiência técnica

DMU	1999-2000	2000-2001	2001-2002	1999-2002
01	0,70	0,95	1,00	0,66
02	1,00	1,00	1,00	1,00
03	0,98	1,02	0,78	0,78
04	1,00	0,85	0,75	0,64
05	1,07	0,62	1,04	0,69
06	0,79	1,36	1,22	1,33
07	1,00	0,95	0,94	0,89
08	1,01	0,81	1,48	1,22
09	0,75	1,50	0,57	0,64
10	1,00	1,00	1,00	1,00
11	1,00	1,00	0,88	0,88
12	1,58	0,66	0,73	0,76
13	2,01	0,91	0,83	1,50
14	0,85	0,78	0,90	0,59
15	1,15	1,03	1,00	1,18
16	2,46	0,34	0,58	0,48
17	1,00	1,00	1,00	1,00
18	0,90	2,34	1,00	2,10

Da tabela 16 observa-se que 10 produtores avaliados tiveram uma redução no índice da eficiência técnica de 1999 a 2002. Porém, vale ressaltar que em 2002 o clima foi adverso para os produtores. Dos índices obtidos pelos produtores, o de menor valor foi do produtor 16, com uma redução de 52%. Segundo informações fornecidas pelos gestores do Projeto Vitória²⁰, este é um produtor típico de subsistência, o qual teve grandes dificuldades na definição do sistema de produção, e o custo de produção estava em fase de ajuste em função da adubação dos pastos e arroçamento dos animais. Dos 6 produtores que apresentaram índices acima de 1, destaca-se o produtor 18, com evolução significativa da eficiência técnica durante os

²⁰ Estas informações foram obtidas u contatos telefônicos e por emails.

4 anos de análise, uma vez que o mesmo melhorou sua eficiência em 110%. Segundo as informações dos gestores do projeto o produtor teve a intensificação do processo produtivo a partir de 2000, através da troca de 10 vacas leiteiras por outras 10 de maior produtividade; em 2002 houve a liberação de uma parte da área para plantio de soja, o que pode ser confirmado através das tabelas 8 e 9.

As mudanças de tecnologia ocorridas nos anos de 1999 a 2002 encontram-se na tabela 17.

Tabela 17 – Mudança de tecnologia

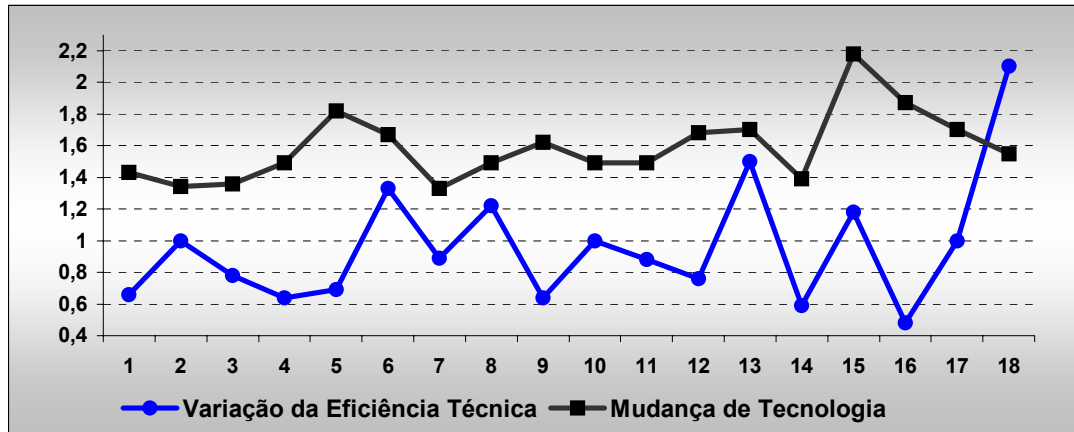
DMU	1999-2000	2000-2001	2001-2002	1999-2002
01	0,97	1,36	1,13	1,43
02	1,66	0,90	0,95	1,34
03	1,29	0,92	1,14	1,36
04	1,43	0,89	1,18	1,49
05	1,01	1,53	1,13	1,82
06	1,15	1,07	1,18	1,67
07	1,04	0,89	1,35	1,33
08	1,38	1,04	1,06	1,49
09	1,33	1,25	1,13	1,62
10	1,20	1,00	1,25	1,49
11	1,25	0,87	1,39	1,49
12	1,29	1,31	1,09	1,68
13	1,42	1,01	1,16	1,70
14	1,21	1,16	1,05	1,39
15	1,04	1,82	1,05	2,18
16	0,93	1,79	1,03	1,87
17	1,25	0,97	1,49	1,70
18	0,97	1,30	1,13	1,55

Com relação à mudança de tecnologia, os resultados apresentados pela metodologia são bastante positivos: todos os produtores avaliados obtiveram uma melhora acentuada, com metade dos produtores atingindo índices acima de 50%, destacando o produtor 15, que obteve um incremento de 118% na tecnologia.

De acordo com a tabela 15, observa-se que, 14 dos 18 produtores obtiveram índices de produtividade acima de 1. As tabelas 16 e 17 ilustram que a magnitude destes ganhos deveu-se principalmente, à mudança de tecnologia, pois, conforme visto anteriormente, todos apresentaram índices acima da unidade, o pode ser

observado na figura 13.

Figura 13 – **Decomposição do Índice de Malmquist**



As curvas da figura 13 ilustram que a mudança de tecnologia interfere de modo mais significativo na produtividade do que a variação da eficiência técnica, pois dos 18 produtores avaliados apenas 1 deles obteve índice melhor na variação da eficiência técnica do que na mudança de tecnologia, o produtor 18.

O produtor 18 foi o que atingiu o índice de Malmquist mais elevado, como observado na tabela 15, com 3,27, ou seja, melhorou a produtividade em 227%. Seus índices parciais, dentro desse período, foram obtidos com uma variação de eficiência técnica de 0,90, 2,34 e 1,00 (tabela 16) e uma mudança de tecnologia de 0,97, 1,30 e 1,13 (tabela 17), respectivamente aos intervalos de 1999 a 2000, 2000 a 2001 e 2001 a 2002. O índice de Malmquist é obtido através do produto da variação da eficiência técnica pela mudança de tecnologia.

Esses índices indicam que o produtor 18 iniciou o período de 1999 a 2000 com uma variação negativa de 10%, no próximo período teve um grande avanço em sua eficiência técnica com um aumento de 134%; em relação à mudança de tecnologia, iniciou com queda de 3%, voltando a investir em tecnologia nos próximos dois períodos, obtendo, assim, uma melhora de 30% e 13%.

Este mesmo produtor teve que fazer uma adequação para melhorar sua produtividade. Em 1999 possuía uma área forrageira de 35,87 hectares, com 20 vacas em lactação de um total de 64 animais no rebanho, tendo um gasto anual de R\$ 5.931,85 e atingindo uma receita anual de R\$ 5.567,37. Após a readequação da

atividade leiteira, no ano de 2002 o produtor permaneceu com uma área forrageira de 23,77 hectares, reduzindo o total de animais do rebanho para 49 animais e utilizando apenas 1 pessoa na mão de obra. Com isso, seu custo ficou em R\$ 7.619,73 e a receita aumentou para R\$ 17.448,89, ou seja, triplicando seu faturamento, dados estes obtidos das tabelas 6 e 9.

Embora este produtor tenha atingido o melhor índice de Malmquist, DEA assinala que ele ainda pode melhorar sua produtividade em aproximadamente 25% em relação aos produtores da sua região, de acordo com os dados da tabela 10. Para isso, ele deve observar seus *benchmarks* que são os produtores 15 e 17, de acordo com os dados da tabela 14, com índice de 0,41 e 0,09, respectivamente, dados obtidos da tabela A.9. Isso significa que o mesmo, para se tornar eficiente tecnicamente, deve atingir uma receita correspondente a 41% da receita do produtor 15 e de 9% da receita do produtor 17, atingindo, assim, uma receita anual próxima a R\$ 21.800,00.

4.6 CONSIDERAÇÕES

Neste capítulo foram aplicados modelos DEA para avaliar a eficiência técnica e produtividade de produtores de leite do Projeto Vitória. Os resultados demonstram que dos 18 produtores avaliados no período de 1999 a 2002, houve somente 4 produtores apresentaram queda de produtividade.

As alterações da produtividade devem-se, principalmente, as mudanças de tecnologia, pois desses 18 produtores, 17 obtiveram índices melhores na mudança de tecnologia do que na variação da eficiência técnica.

No próximo capítulo serão apresentadas algumas conclusões desta pesquisa, bem como recomendações e sugestões para pesquisas futuras, cuja realização será de grande valia, contribuindo de forma significativa para o aprimoramento desta área de conhecimento.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O problema de pesquisa consistiu em medir índices de eficiência técnica e de produtividade de um grupo de produtores de leite ligados ao Projeto Vitória. O Projeto Vitória foi criado em 1998 pela EMATER Paraná, sendo uma parceria institucional entre a EMATER Paraná, a Universidade Estadual de Londrina (UEL), a Universidade Estadual de Maringá (UEM) e os produtores. Desenvolvido no norte e nordeste do estado do Paraná, tem como objetivo central a construção de um modelo de exploração leiteira sustentável, competitivo e lucrativo para a região.

As seguintes conclusões e recomendações são pertinentes a pesquisa.

5.1 CONCLUSÕES FINAIS

A metodologia aplicada nesta pesquisa pode constituir-se, para os extensionistas da EMATER Paraná, em um instrumento capaz de auxiliar na tomada de decisões fornecendo alternativas de ação que possibilitam o alcance de maiores índices de produtividade dos produtores de leite do Projeto Vitória. Sua utilização possibilita ao gestor rever e aprimorar políticas e ações, estabelecendo mudanças para a superação de eventuais ineficiências encontradas.

Através desta análise, verifica-se que o trabalho da EMATER vem surtindo efeitos positivos junto aos produtores de leite daquela região, pois, apesar dos problemas climáticos (seca), os produtores que demonstram um maior interesse na pecuária leiteira vêm conseguindo aumentar sua produtividade de forma significativa.

No período de 1999 a 2002, o aumento de produtividade que ocorreu em, aproximadamente, 78% dos produtores, ou seja, dos 18 produtores avaliados 14 conseguiram índices acima de 1.

A mudança de tecnologia interfere de modo mais significativo na produtividade do que a variação da eficiência técnica, pois dos 18 produtores avaliados apenas 1 deles obteve índice melhor na variação da eficiência técnica do que na mudança de tecnologia.

Constatou-se, por fim, que a metodologia proposta é capaz de fornecer índices que demonstram quais são os produtores ineficientes, possibilitando aos funcionários do projeto o estabelecimento de um diagnóstico e fornecendo subsídios para a tomada de decisão no sentido de aumentar a produtividade dos produtores ineficientes, sendo, portanto, de grande valia sua aplicação em outros projetos semelhantes.

A partir das considerações expostas neste estudo, pode-se afirmar que o problema inicialmente levantado e que definiu o desenvolvimento da pesquisa foi adequadamente solucionado, uma vez que:

- identificou-se as variáveis que melhor representam os produtores de leite do Projeto Vitória, sendo estas variáveis representadas pelos insumos e produtos, entendendo-se como insumos todos os recursos utilizados pelo produtor para elaborar os seus produtos; estes, por sua vez, podem ser definidos como o resultado de bens e serviços gerados pelos produtores.
- definiu-se, de forma adequada, o modelo DEA que traduziu a realidade dos dados em termos de insumos e produtos, respeitando os objetivos dos produtores;
- aplicou-se o modelo sugerido, o qual permitiu a obtenção de um único índice de eficiência técnica relativa, envolvendo múltiplos insumos e um produto;
- identificou-se os *benchmarks* dos produtores de leite do Projeto Vitória, isto é, os produtores considerados referências, que servem como “modelos” para que um produtor ineficiente possa efetivar melhorias em seu processo produtivo;
- demonstrou-se o aumento necessário nos níveis de produção para que os produtores não *benchmarks* sejam eficientes tecnicamente;
- avaliou-se a alteração na produtividade em anos subseqüentes, de 1999 a 2002, dos produtores pertencentes ao Projeto Vitória, separando a alteração em variação da eficiência técnica e mudança de tecnologia.

5.2 RECOMENDAÇÕES

Da pesquisa realizada podem emergir diversas pesquisas, seja para dar continuidade a este trabalho ou para ampliar sua abrangência. Destas, destacam-se, como sugestão para trabalhos futuros:

- Ampliar o número de produtores bem como o número de anos de análise dos produtores do Projeto Vitória ;
- A aplicação da metodologia DEA como ferramenta para avaliar a eficiência e a produtividade em outros programas desenvolvidos pela EMATER, bem como em estudos de outra natureza;
- Inclusão de pesos nos insumos para indicar o seu grau de importância dentro da produtividade dos produtores de leite;
- Aplicação da avaliação cruzada nos pesos obtidos pela metodologia DEA, a fim de evitar que fatores de menor importância predominem no cálculo da eficiência técnica ou mesmo que fatores importantes sejam ignorados nesta análise;
- Acréscimo de outros produtos no sistema de avaliação, principalmente o de carne que, em geral, tem a produção desenvolvida em conjunto com a produção de leite;
- Desenvolvimento de um modelo computacional com interface para que o mesmo seja utilizado pelos funcionários da EMATER com o objetivo de facilitar a sua utilização na tomada de decisões quanto o aumento de produtividade dos produtores de leite;
- Utilizar análise de correlação na escolha dos insumos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEL, L. (2000): *Avaliação cruzada da produtividade dos departamentos acadêmicos da UFSC utilizando DEA - Data Envelopment Analysis*. Florianópolis, 106p. Dissertação de Mestrado no Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção na Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.

AGUIAR, G. de França (2003): *Avaliação da Eficiência Técnica de Unidades Básicas de Saúde de Curitiba-PR Utilizando Data Envelopment Analysis*. Curitiba, 121p. Dissertação de Mestrado no Programa de Pós-graduação em Métodos Numéricos em Engenharia, na Universidade Federal do Paraná - UFPR.

ALVAREZ, A. R., CALVETE, G. F., GARRIDO, C. L. A eficiência técnica das explotacións leiteiras na comarca interior da Provincia de A Coruña. Influencia da concentración parcelaria. *Artigo*. Departamento de Coordinación e Desenvolvemento Tecnolóxico, Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo, 2002.

BARRETO, F. A., MARINHO, E., OLIVEIRA, T. Abertura econômica e o desempenho da produtividade da indústria brasileira de 1985 /1996: uma abordagem utilizando o índice de Malmquist e a teoria da fronteira estocástica. *Fórum Banco do Nordeste e Desenvolvimento, VII Encontro Regional de Economia: Nordeste – Desafios e Oportunidades*, 2002.

BOWLIN, W. F. Measuring Performance: an introduction to data envelopment analysis (DEA). *Journal of Accounting and Public Policy* 18, 1999. pp.287-310.

BRESSAN M., MARTINS M. C. (2003): Segurança alimentar na cadeia produtiva do leite e alguns de seus desafios. Disponível em <http://www.cnpqgl.embrapa.br/artigos/artigo060504> com acesso em 07/01/2004.

CALHOUN, J. (2003): *Data Envelopment Analysis of relative efficiencies of Institutions of higher learning*. University of Georgia. Disponível em <http://www.arches.uga.edu> com acesso em 16/04/2004.

CAVES, D.W., CHRISTENSEN, L.R., DIEWERT, W.E. The economic theory of index numbers and the measurement of input, output, and productivity. *Econometrica*, v.50, n.6, p.1393-1414, 1982.

CHARNES, A., COOPER, W. W., RHODES, E. *Data Envelopment Analysis: theory, methodology and applications*. 2 ed. Norwell: Kluwer Academic Press, 1996.

COOPER, W. W., SEIFORD, L. M., TONE, K. *Data Envelopment Analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software*. Norwell, MA: Kluwer Academic Press, 2000.

COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; ZHU, J. (2004): Data Envelopment Analysis: History, models and interpretations. In: _____. *Handbook on Data Envelopment Analysis*. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2004, pp.1-39.

EDWARDS, J. Recordes: o Brasil que planta e colhe cinheiro. *Revista Veja*. Edição especial nº 30, abr/2004. p.17.

FÄRE, R. et alii. Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries. *The American Economic Review*, 84 (1), 1994. pp. 66-83.

GOMES, A. T. (2003): *O contrato: o instrumento que falta para organizar a cadeia produtiva do leite*. Disponível em <http://www.cnpqgl.embrapa.br/jornalleite/entrevistaaloisio.php>. com aceso em 19/01/2004.

GOMES, S. T. (2003): *Leite clandestino no Brasil não chega a 20% da produção total*. Disponível em http://www.ufv.br/pdpl/jornal/jpl0600_a.htm.com acesso em 19/01/2004.

KOEHLER, J. C. *Caracterização da bovinocultura de leite no Estado do Paraná*. Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento – SEAB / Curitiba – PR, 2000.

LINS, M. P. E., MEZA, L. A., *Análise Envoltória de Dados e perspectivas de integração no meio ambiente de apoio à decisão*. Rio de Janeiro: Coppe, 2000.

MAÇADA, A. C. G., BACKER, J. L. (1999): Measuring the efficiency of investments in Information Technology in Brazilian Banks. Second International Conference on Operations and Quantitative Management (ICOQM-II), Ahmedabad. ICOQM - II. New Delhi: McGraw-Hill Publishing Company, 1999. v.1. p.248-255

MARINHO, E., CARVALHO, R. M. Comparações interregionais da produtividade total, variação da eficiência técnica e variação tecnológica da agricultura brasileira – 1970 a 1996. *XXX Encontro Nacional de Economia. Anais do VII Encontro Regional de Economia - ANPEC*. Fortaleza-CE, 2002.

MARTINS, C. E., ALENCAR, C. A. B., BRESSAN M. *Sustentabilidade da produção de leite no Leste Mineiro*. Juiz de Fora – MG: Embrapa Gado de Leite, 2001.

NIEDERAUER, C. A. P. *Ethos: Um modelo para medir a produtividade de pesquisadores baseado na análise por envoltória de dados*. Florianópolis, 2002. 159p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.

NOGUEIRA, N. V., MUSTEFAGA, P. S. *Informativo técnico da revista Gleba, Edição nov/dez/2001*. Disponível em <http://www.cna.org.br/Gleba99/2001/Dezembro/Produtordeleite.htm>. com acesso em 07/01/2004.

PAREDES, E. B. *Técnicas Alternativas para Identificação dos Insumos e Produtos Relevantes no Emprego da Análise Envoltória de Dados para Avaliação da Eficiência Técnica de Instituições Federais de Ensino Superior*. Florianópolis, 1999. 132p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.

PEREIRA, M. F. *Avaliação da fronteira tecnológica múltipla e da produtividade total dos fatores do setor agropecuário brasileiro de 1970 a 1996*. Florianópolis, 1999. 144p. (Doutorado em Engenharia de Produção) Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.

PRUST, J. O. (2002): *Avaliação de Benchmarking da Produção Brasileira de Leite, Santa Catarina e o Município de Vitor Meireles*. Florianópolis 169p. Dissertação de (Mestrado em Engenharia de Produção) Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, na Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.

REINALDO, R. R. P. (2002): *Avaliando a eficiência em unidades de ensino fundamental de Fortaleza – CE, usando a análise envoltória de dados (DEA)*. Florianópolis, 2002. 123p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.

RUBEZ, J. (2003): *Matéria sobre leite, especial Brasil rural*. Disponível em http://www.leitebrasil.org.br/carta_TVGlobalo.htm. com acesso em 07/01/2004.

SALLES J, NOHARA J. J., COLENCI A. *Pecuária leiteira: transformações necessárias na cadeia produtiva. XXXIX Assembleia Anual CLADEA*. Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra – República Dominicana, 2002.

SANTOS, G. T.; JOBIM, C. C.; DAMASCENO, J. C. *Sul-Leite – Simpósio sobre Sustentabilidade da Pecuária Leiteira na Região Sul do Brasil*. Maringá – PR: Embrapa Gado de Leite, 2002.

SUEYOSHI, T.; AOKI, S. A use of a nonparametric statistic for DEA frontier shift: the Kruskal and Wallis rank test. *OMEGA - The International Journal of Management Science*. Disponível em <http://www.elsevier.com/locate/dsw> com acesso em 14/05/2004.

TAVARES, G. *A bibliography of data envelopment analysis (1978 – 2001)*. Portugal: Rutcor Rutgers University/Fundação de Ciência e Tecnologia, 2002.

UFPR- Universidade Federal do Paraná. *Normas para apresentação de documentos científicos: redação e editoração*. v.8. Curitiba: UFPR, 2003.

VILELA, D.; BRESSAN, M.; CUNHA, A. S. *Cadeia de Lácteos no Brasil: restrições ao seu desenvolvimento*. Juiz de Fora - MG: CNPq e Embrapa, 2001.

WILHELM, V. E. (2000): *Análise da Eficiência Técnica em Ambiente Difuso*. Florianópolis, 2000. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.

WILHELM, V. E. *DEA – Apostila dirigida ao curso de Pós-graduação em Métodos Numéricos em Engenharia, no Departamento de Matemática da Universidade Federal do Paraná na disciplina de Data Envelopment Analysis*, 2003.

APÊNDICE

APÊNDICE A - TABELAS DE RESULTADOS DO DEA

Tabela A.1: Escores de folgas e excessos no ano de 1999

	Ins 1	Ins 2	Ins 3	Ins 4	Ins 5	Produto
01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
03	8.81E-16	8.59E+00	1.77E+01	6.93E-01	1.69E-18	7.11E-22
04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
05	5.74E+00	4.36E-01	-9.09E-17	1.26E+00	2.58E-18	9.64E-21
06	1.61E-16	4.33E-16	1.24E+01	6.78E-01	2.25E-19	7.79E-21
07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
08	5.22E+00	-2.04E-16	-1.87E-16	1.37E+00	-5.85E-18	1.78E-20
09	5.77E+00	5.55E-17	3.51E+00	1.09E+00	3.57E-19	-1.52E-19
10	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
11	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
12	-5.95E-15	8.36E+00	6.05E+01	1.67E-01	1.42E-17	8.44E-19
13	4.02E+01	3.04E-16	1.48E+00	1.21E+00	5.46E+03	1.51E-13
14	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
15	-7.63E-16	8.18E-01	5.46E+00	9.14E-01	2.25E-19	4.29E-19
16	1.94E+00	9.13E-01	2.85E-18	1.55E+00	2.03E-20	2.41E-19
17	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
18	1.17E+01	-6.15E-17	2.02E+01	1.11E+00	-5.63E-20	1.57E-18

Tabela A.2: Escores de folgas e excessos no ano de 2000

	Ins 1	Ins 2	Ins 3	Ins 4	Ins 5	Produto
01	1.66E+01	7.22E-01	3.48E-16	4.31E-02	-3.17E-19	4.15E-21
02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
03	1.13E-16	1.20E+01	1.91E+01	4.96E-17	-1.26E-17	2.33E-22
04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
05	1.50E+01	7.17E+00	4.59E-17	5.52E-01	-7.24E-18	-1.70E-20
06	2.71E+00	-1.71E-16	1.77E+00	0.00E+00	1.84E-19	1.43E-20
07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
08	5.27E+00	1.33E+00	-2.76E-17	6.58E-01	-1.48E-19	2.30E-22
09	-2.84E-17	1.17E+01	2.05E+01	-2.62E-16	-2.57E-19	1.23E-18
10	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
11	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
12	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
13	4.54E+01	-5.71E-16	8.47E+00	5.34E-01	3.01E-17	1.55E-20
14	7.90E-01	3.96E+00	5.33E-17	3.44E-01	-5.66E-19	3.46E-21
15	9.96E+00	3.25E+00	-1.19E-16	6.06E-01	-1.03E-20	-5.74E-21
16	1.00E+01	3.88E+00	-1.78E-15	1.47E+00	4.99E-18	-8.85E-21
17	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
18	1.79E+01	9.98E-17	4.33E+00	-9.17E-17	-7.48E-18	3.89E-18

Tabela A.3: Escores de folgas e excessos no ano de 2001

	Ins 1	Ins 2	Ins 3	Ins 4	Ins 5	Produto
01	9.93E+00	5.86E+00	2.30E+01	2.14E-17	8.85E-21	5.06E-20
02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
03	-2.71E-16	1.17E+01	9.84E+00	9.36E-01	5.84E-19	-2.64E-21
04	-3.06E-16	1.02E+01	1.73E+01	2.16E-01	0.00E+00	1.36E-22
05	5.33E+00	2.44E+00	1.26E+01	1.73E-16	4.09E-20	1.78E-20
06	1.24E+01	-2.28E-15	2.95E+01	0.00E+00	8.69E-19	-1.23E-18
07	7.08E+01	1.86E+01	1.09E+02	-1.32E-15	2.04E-16	-4.47E-19
08	2.99E+00	7.60E-02	-3.20E-17	7.04E-01	1.73E-19	1.24E-21
09	5.94E+00	1.43E+01	3.04E+01	2.64E-17	-5.21E-18	-7.13E-20
10	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
11	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
12	1.26E-15	3.78E+00	3.76E+01	6.75E-01	0.00E+00	-3.94E-18
13	4.25E+01	8.48E-17	1.21E+01	5.56E-01	-2.58E-18	-2.70E-18
14	4.77E-16	4.43E+00	8.60E+00	1.49E+00	-3.44E-18	-1.22E-19
15	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
16	4.20E+00	1.03E+00	-2.65E-16	9.90E-01	-2.09E-18	6.36E-19
17	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
18	2.67E+01	7.49E+00	4.91E+01	-1.77E-17	0.00E+00	3.78E-20

Tabela A.4: Escores de folgas e excessos no ano de 2002

	Ins 1	Ins 2	Ins 3	Ins 4	Ins 5	Produto
01	8.56E+00	4.12E+00	1.88E+01	-8.68E-18	8.39E-20	1.50E-17
02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
03	2.85E+00	7.37E+00	2.19E+00	2.04E-17	5.78E-19	-4.95E-21
04	5.27E+00	1.13E+00	2.01E-16	3.14E-18	4.57E-20	-1.43E-21
05	3.70E+00	9.52E-01	3.16E+00	-1.41E-17	-1.10E-20	3.23E-21
06	7.65E+00	1.70E+00	2.16E+01	1.15E-17	2.22E-18	-2.15E-21
07	7.70E+01	3.93E+01	1.24E+02	7.62E-16	2.92E-17	6.47E-20
08	2.35E+00	3.77E+00	-7.27E-17	9.75E-01	4.47E-21	-1.79E-22
09	3.29E+00	1.13E+01	2.28E+01	1.19E-16	1.34E-18	4.35E-20
10	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
11	5.47E+00	1.19E+01	1.04E+01	-3.45E-16	7.49E-21	-1.23E-19
12	-1.41E-15	4.16E+00	2.99E+01	7.23E-01	0.00E+00	-1.90E-18
13	3.11E+01	4.70E+00	2.36E+01	-7.95E-17	1.20E-18	3.73E-20
14	2.30E-16	4.99E+00	8.97E+00	5.32E-01	2.10E-18	3.97E-18
15	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
16	2.14E+00	-5.34E-16	4.76E+00	8.73E-01	-1.07E-18	5.28E-19
17	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
18	1.33E+01	1.12E+01	2.24E+01	5.88E-16	2.97E-20	2.65E-18

Tabela A.5: Escores preços no ano de 1999

	Ins 1	Ins 2	Ins 3	Ins 4	Ins 5	Produto
01	1.68E-06	2.98E-02	1.68E-06	2.31E-02	5.60E-05	6.49E-05
02	1.49E-01	1.68E-06	1.68E-06	1.68E-06	1.68E-06	4.85E-05
03	3.38E-02	1.68E-06	1.68E-06	1.68E-06	4.47E-05	4.47E-05
04	1.73E-03	5.23E-02	1.68E-06	1.68E-06	1.68E-06	3.72E-05
05	1.68E-06	1.68E-06	2.76E-02	1.68E-06	1.43E-04	1.38E-04
06	1.79E-02	1.93E-02	1.68E-06	1.68E-06	1.02E-04	9.58E-05
07	1.68E-06	1.68E-06	1.68E-06	2.18E-01	1.19E-05	1.57E-05
08	1.68E-06	3.50E-02	2.48E-04	1.68E-06	6.52E-05	7.50E-05
09	1.68E-06	3.35E-02	1.68E-06	1.68E-06	6.15E-05	7.08E-05
10	2.32E-02	4.21E-03	1.68E-06	1.68E-06	1.68E-06	1.25E-05
11	1.68E-06	7.05E-03	1.68E-06	2.71E-01	1.68E-06	1.67E-05
12	2.68E-02	1.68E-06	1.68E-06	1.68E-06	1.55E-04	1.01E-04
13	1.68E-06	1.58E-01	1.68E-06	1.68E-06	1.68E-06	1.07E-04
14	3.35E-02	1.68E-06	1.68E-06	1.68E-06	1.93E-04	1.26E-04
15	2.45E-02	1.68E-06	1.68E-06	1.68E-06	1.42E-04	9.26E-05
16	1.68E-06	1.68E-06	7.62E-02	1.68E-06	3.93E-04	3.80E-04
17	1.17E-03	2.71E-02	1.68E-06	1.68E-06	1.68E-06	2.01E-05
18	1.68E-06	8.51E-02	1.68E-06	1.68E-06	1.56E-04	1.80E-04

Tabela A.6: Escores preços no ano de 2000

	Ins 1	Ins 2	Ins 3	Ins 4	Ins 5	Produto
01	1.43E-06	1.43E-06	2.05E-03	1.43E-06	1.11E-04	5.49E-05
02	1.47E-01	1.43E-06	1.43E-06	1.43E-06	1.43E-06	2.52E-05
03	3.73E-02	1.43E-06	1.43E-06	8.54E-02	2.53E-05	3.02E-05
04	1.43E-06	2.19E-02	1.43E-06	1.67E-01	1.70E-05	2.99E-05
05	1.43E-06	1.43E-06	3.64E-03	1.43E-06	1.97E-04	9.73E-05
06	1.43E-06	1.24E-03	1.43E-06	1.80E-01	1.27E-04	7.18E-05
07	1.43E-06	1.43E-06	1.43E-06	1.20E-01	1.55E-05	1.22E-05
08	1.43E-06	1.43E-06	3.60E-02	1.43E-06	2.47E-05	4.83E-05
09	3.13E-03	1.43E-06	1.43E-06	2.43E-01	7.10E-05	4.93E-05
10	1.43E-06	1.43E-06	8.23E-03	4.20E-02	1.43E-06	9.88E-06
11	1.43E-06	6.82E-03	1.43E-06	2.80E-01	1.43E-06	1.30E-05
12	2.73E-02	1.43E-06	1.43E-06	1.43E-06	1.04E-04	5.89E-05
13	1.43E-06	5.69E-02	1.43E-06	1.43E-06	2.05E-05	4.04E-05
14	1.43E-06	1.43E-06	5.19E-03	1.43E-06	2.81E-04	1.39E-04
15	1.43E-06	1.43E-06	2.10E-03	1.43E-06	1.14E-04	5.61E-05
16	1.43E-06	1.43E-06	7.37E-03	1.43E-06	3.99E-04	1.97E-04
17	1.43E-06	2.30E-02	1.43E-06	8.09E-02	1.43E-06	1.51E-05
18	1.43E-06	3.39E-03	1.43E-06	4.89E-01	3.45E-04	1.95E-04

Tabela A.7: Escores preços no ano de 2001

	Ins 1	Ins 2	Ins 3	Ins 4	Ins 5	Produto
01	1.48E-06	1.48E-06	1.48E-06	4.87E-01	5.02E-05	4.51E-05
02	7.47E-02	1.48E-06	1.48E-06	1.48E-06	1.48E-06	2.22E-05
03	4.56E-02	1.48E-06	1.48E-06	1.48E-06	4.24E-05	3.85E-05
04	8.50E-02	1.48E-06	1.48E-06	1.48E-06	5.70E-06	2.85E-05
05	1.48E-06	1.48E-06	1.48E-06	8.58E-01	8.84E-05	7.96E-05
06	1.48E-06	2.90E-02	1.48E-06	2.08E-01	2.59E-05	4.08E-05
07	1.48E-06	1.48E-06	1.48E-06	3.16E-01	1.61E-06	1.11E-05
08	1.48E-06	1.48E-06	3.29E-02	1.48E-06	5.35E-05	6.16E-05
09	1.48E-06	1.48E-06	1.48E-06	4.12E-01	4.24E-05	3.82E-05
10	3.19E-02	1.48E-06	1.48E-06	1.09E-02	1.48E-06	1.07E-05
11	1.48E-06	1.48E-06	1.76E-04	4.59E-01	1.48E-06	1.57E-05
12	8.19E-02	1.48E-06	1.48E-06	1.48E-06	7.61E-05	6.91E-05
13	1.48E-06	4.84E-02	1.48E-06	1.48E-06	2.75E-05	4.01E-05
14	1.86E-01	1.48E-06	1.48E-06	1.48E-06	1.73E-04	1.57E-04
15	1.48E-06	4.27E-02	1.48E-06	1.48E-06	2.43E-05	3.55E-05
16	1.48E-06	1.48E-06	1.27E-01	1.48E-06	2.06E-04	2.37E-04
17	1.48E-06	1.71E-02	1.48E-06	1.76E-01	1.48E-06	1.54E-05
18	1.48E-06	1.48E-06	1.48E-06	8.11E-01	8.35E-05	7.52E-05

Tabela A.8: Escores preços no ano de 2002

	Ins 1	Ins 2	Ins 3	Ins 4	Ins 5	Produto
01	1.24E-06	1.24E-06	1.24E-06	4.79E-01	5.07E-05	3.97E-05
02	7.52E-02	1.24E-06	1.24E-06	1.24E-06	1.24E-06	1.91E-05
03	1.24E-06	1.24E-06	1.24E-06	4.21E-01	4.46E-05	3.49E-05
04	1.24E-06	1.24E-06	8.07E-03	7.23E-02	2.08E-05	2.04E-05
05	1.24E-06	1.24E-06	1.24E-06	8.07E-01	8.54E-05	6.69E-05
06	1.24E-06	1.24E-06	1.24E-06	3.85E-01	4.08E-05	3.20E-05
07	1.24E-06	1.24E-06	1.24E-06	9.80E-02	1.04E-05	8.13E-06
08	1.24E-06	1.24E-06	2.22E-02	1.24E-06	3.84E-05	4.01E-05
09	1.24E-06	1.24E-06	1.24E-06	6.02E-01	6.37E-05	4.99E-05
10	2.05E-02	6.25E-03	1.10E-04	1.24E-06	1.24E-06	9.91E-06
11	1.24E-06	1.24E-06	1.24E-06	3.80E-01	6.52E-06	1.17E-05
12	1.26E-01	1.24E-06	1.24E-06	1.24E-06	8.34E-05	8.84E-05
13	1.24E-06	1.24E-06	1.24E-06	3.47E-01	3.67E-05	2.88E-05
14	2.29E-01	1.24E-06	1.24E-06	1.24E-06	1.51E-04	1.60E-04
15	3.96E-02	4.63E-03	1.24E-06	1.24E-06	2.83E-05	3.16E-05
16	1.24E-06	3.04E-01	1.24E-06	1.24E-06	3.15E-04	2.89E-04
17	2.18E-02	6.71E-03	1.24E-06	1.24E-06	1.24E-06	1.04E-05
18	1.24E-06	1.24E-06	1.24E-06	6.91E-01	7.32E-05	5.73E-05

Tabela A.9: *Benchmarks e seus escores*

DMU	1999		2000		2001		2002	
	Benchmarks	Valor	Benchmarks	Valor	Benchmarks	Valor	Benchmarks	Valor
01	01	1,00	04 12	0,57 0,40	10 15	0,10 0,85	15 17	0,90 0,10
02	02	1,00	02	1,00	02	1,00	02	1,00
03	10 14	0,27 0,50	02 04 10	0,45 0,49 0,04	10 15	0,28 0,11	15 17	0,10 0,40
04	04	1,00	04	1,00	02 10	0,82 0,04	10 15 17	0,17 0,31 0,52
05	01 10	0,58 0,05	04 12	0,31 0,41	10 15	0,11 0,83	15 17	0,88 0,12
06	01 10 14	0,95 0,07 0,17	04 07 12	0,66 0,14 0,13	02 10 15	0,22 0,28 0,36	15 17	0,74 0,26
07	07	1,00	07	1,00	10 11	0,08 1,39	15 17	0,08 1,42
08	01 10 17	0,01 0,13 0,11	02 04	0,41 0,26	02 15	0,34 0,30	10 15	0,13 0,39
09	01 17	0,30 0,31	04 07 11	0,81 0,11 0,02	10 15	0,09 0,87	15 17	0,81 0,19
10	10	1,00	10	1,00	10	1,00	10	1,00
11	11	1,00	11	1,00	11	1,00	10 17	0,14 0,86
12	01 14	0,15 1,68	12	1,00	10 15	0,06 0,57	10 15	0,05 0,59
13	17	0,39	02 04	0,19 0,54	02 15	0,48 0,24	15 17	0,74 0,26
14	14	1,00	04 12	0,18 0,15	10 15	0,05 0,19	10 15	0,05 0,19

Continuação da tabela A.9

DMU	1999		2000		2001		2002	
	Benchmarks	Valor	Benchmarks	Valor		Benchmarks	Valor	Benchmarks
15	01 14	0,56 0,53	04 12	0,40 0,30	15	1,00	15	1,00
16	01 10	0,38 0,02	04 12	0,09 0,17	02 15	0,04 0,46	15 17	0,51 0,05
17	17	1,00	17	1,00	17	1,00	17	1,00
18	01 17	0,81 0,05	04 07 12	0,01 0,11 0,32	10 15	0,05 0,43	15 17	0,41 0,09